

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Base de données et implémentation d'un protocole dans un service de fonction respiratoire

Bernard, Danielle

Award date:
1988

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX NAMUR

INSTITUT D'INFORMATIQUE

BASE DE DONNEES
ET
IMPLEMENTATION D'UN PROTOCOLE
DANS UN SERVICE DE
FONCTION RESPIRATOIRE

Mémoire présenté pour l'obtention du
grade de Licencié et Maître en
Informatique

par

BERNARD Danielle

Promoteur

M. NOIRHOMME-FRAITURE

Année académique 1987-1988

ERRATA

p 34 , 1.3.1, b : il faut lire

V.E.M.S. : volume expiratoire maximum par seconde

(et non pas moyen)

p 39 , 8ème ligne : il faut remplacer VEMS/CPT par VR/CPT

10ème ligne : il faut remplacer VEMS par VR

12ème ligne : il faut remplacer VEMS/CVF par VR/CPT

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix

Institut d'Informatique

Rue Grandquagnage, 21 B-5000 NAMUR

BASE DE DONNEES ET PROTOCOLE AUTOMATISE
DANS UN SERVICE DE FONCTION RESPIRATOIRE

BERNARD DANIELLE

Résumé

Ce mémoire a été réalisé dans un service médical de Fonction Respiratoire. Dans une première partie, il établit dans les grandes lignes l'analyse fonctionnelle du service. Dans une deuxième partie, il implémente le protocole automatisé des examens pratiqués en routine en Fonction Respiratoire.

Abstract

This work was developped in a Respiratory Function Service. The first part outlines the functional analysis of the service, and the second part implements the automatical protocol of the currents Lung Function Testing.

Mémoire de licence et maîtrise en Informatique

Juin 1988

Promoteur : M. Noirhomme-Fraiture

J'adresse mes remerciements à Madame Noirhomme-Fraiture, promoteur de ce mémoire, dont les précieux conseils m'ont guidée tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi qu'à Monsieur Barreto qui m'a aidée à approfondir le Lisp.

Ma reconnaissance va également aux médecins et personnel du service de Fonction Respiratoire de la clinique de Mont-Godinne, et tout particulièrement aux docteurs Lulling et Dubois, pneumologues, ainsi qu'à M. Delwiche, technicien, qui m'ont consacré beaucoup de temps et m'ont initiée avec beaucoup de gentillesse au protocole des examens.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------	---

PREMIERE PARTIE : CONCEPTION DE LA BASE DE DONNEES

INTRODUCTION	1
I. FONCTIONNEMENT DU SERVICE	6
II. PRESENTATION DU SCHEMA ENTITE-ASSOCIATION	9
2.1. SCHEMA	9
2.2. DEFINITIONS RELATIVES AU SCHEMA	
ENTITE-ASSOCIATION	10
2.2.1. Entités	11
2.2.2. Associations	15
III. FONCTIONS A REALISER	22

DEUXIEME PARTIE : REALISATION D'UN PROTOCOLE INFORMATISE

INTRODUCTION	28
I. ELABORATION D'UN PROTOCOLE AUTOMATISE	28
1.1. LE PROBLEME	28
1.2. PRESENTATION DES EPREUVES FONCTIONNELLES	
RESPIRATOIRES	29
1.2.1. Etude des volumes pulmonaires	29
1.2.2. Etude de la diffusion	32
1.2.3. Etude de la mécanique ventilatoire	33

1.3. MARCHE A SUIVRE POUR ELABORER UN PROTOCOLE	34
1.3.1. Examen des paramètres	34
1.3.2. Caractérisation des troubles	35
1.3.3. Essai de diagnostic	35
II. INFORMATISATION DU PROTOCOLE	37
2.1. QUE PEUT-ON ATTENDRE D'UN PROTOCOLE INFORMATISE ?	37
2.2. CHOIX D'UN LANGAGE DE PROGRAMMATION	39
2.3. PROBLEMES POSES PAR L'AUTOMATISATION DU PROTOCOLE	40
2.3.1. Problème de précision	40
2.3.2. Problème des valeurs limites	41
2.4. BASE DE REGLES	42
III. PRESENTATION DU PROGRAMME	47
3.1. CONSTRUCTION DU PROGRAMME	47
3.1.1. Terminologie employée et données internes	47
3.1.2. Saisie des données externes	52
3.1.3. Etablissement des premiers faits	60
3.1.4. Déduction de nouveaux faits	69
3.1.5. Impression du protocole	77
3.2. PRESENTATION DE LA FONCTION COORDINATRICE	87
3.3. DISCUSSION SUR LES CARACTERISTIQUES DU PROGRAMME	88
3.3.1. Etre modifiable facilement	88
3.3.2. Etre adaptable	89
3.3.3. Etre extensible	89

3.4. COMMENTAIRES SUR LE PROGRAMME	91
3.4.1. Implémentation des règles	91
3.4.2. Règles non utilisées	93
3.4.3. Temps de réponse	94
3.4.4. Saisie des données	94
3.4.5. Opportunités offertes par le programme	95
 CONCLUSION	 96
 ANNEXE : TEXTE DU PROGRAMME	
 BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION

La pénétration de l'informatique dans le monde médical se fait lentement mais sûrement.

Lentement parce qu'il existe une méfiance assez prononcée des médecins devant l'intrusion dans leur domaine de ces machines qui parfois prétendent penser à leur place, et ceci en plus dans un langage qui leur a paru dans un premier temps pas toujours très compréhensible.

Sûrement parce que le médecin est habitué à un monde en évolution constante, à remettre en question ce qui hier était considéré comme un fait acquis, et parce qu'il est de plus en plus confronté à un afflux d'informations qu'il lui faut maîtriser et pouvoir sélectionner à bon escient. Il s'est donc aperçu que l'apport de l'informatique pouvait lui être précieux dans sa pratique quotidienne, et lui permettre un gain de temps considérable, tant dans sa gestion des dossiers des patients, que dans ses travaux de recherche, ses besoins d'informations sur des problèmes bien précis ...

Le mémoire que je présente ici touche à deux aspects différents de l'activité médicale : d'une part la gestion des dossiers des patients, et d'autre part l'interprétation de résultats d'exams pratiqués dans un service de Fonction Respiratoire.

Dans une première partie, j'ébaucherai les grandes lignes de la conception d'une base de données pour le service de Fonction

Respiratoire de la clinique de Mont-Godinne. Cette première partie se limitera à la présentation du fonctionnement du service, du schéma Entité-Association de l'application et des fonctions prévues.

En effet, l'implémentation de la base de données a été réalisée par une firme spécialisée, car des problèmes particuliers devaient être résolus : les appareils permettant de déterminer les résultats des examens pratiqués sont connectés à des Apples II, et les résultats sont mémorisés dans un fichier. Il n'existait aucune fonction permettant de regrouper les résultats recueillis pour un même patient sur des appareils différents, ou de récupérer facilement des résultats antérieurs chez un patient précis.

Les médecins du service ont donc souhaité disposer d'une base de données afin de pouvoir manipuler plus efficacement les dossiers des patients, procéder à des recherches sur critère, juger de l'évolution d'un patient...

Il est apparu plus adéquat d'équiper le service d'un ordinateur IBM compatible, disposant d'un disque dur, mais ceci posait le problème d'interfaçage avec les Apples II. Deux possibilités étaient offertes : soit la mise en réseau de tous les ordinateurs, qui semblait réalisable mais assez coûteuse, soit un programme assurant la lecture des disquettes Apple et leur copie sur disquettes lisibles par un ordinateur IBM compatible, solution qui a été adoptée. L'objectif à long terme est de remplacer progressivement les Apples II par des IBM compatibles, et de procéder à la mise en réseau de tous les ordinateurs du service.

Dans la deuxième partie, je procéderai à l'élaboration du protocole automatisé des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires pratiquées couramment. Il existe en effet deux types d'examens pratiqués en Fonction Respiratoire : ceux pratiqués quotidiennement , et certains examens plus spécifiques et réservés à un nombre restreint de patients.

Un protocole automatisé fonctionne déjà dans le service. Il a été conçu par les médecins et techniciens travaillant en Fonction Respiratoire à Mont-Godinne, en collaboration avec le service de Pneumologie de la clinique de St-Ode, et ensuite programmé en Basic par des informaticiens de St-Ode. Encouragés par la satisfaction donnée par ce protocole, les médecins ont souhaité pouvoir disposer d'un protocole plus global. En effet, celui qui tourne actuellement dans le service ne traite qu'une partie des résultats, et présente des lacunes dans la mesure où tout examen non pratiqué est considéré comme ayant une valeur nulle et protocolé pathologique. En outre ce programme s'avère difficilement modifiable et extensible.

Dans le premier chapitre de cette deuxième partie, j'essaierai d'expliquer quels sont les paramètres mesurés, les conclusions qu'il est possible de tirer à partir des valeurs obtenues, et la manière dont le médecin procède pour élaborer son protocole.

Dans le deuxième chapitre, je présenterai l'approche du protocole informatisé, son utilité et ses limites , ainsi que les choix qui ont été faits quant à la manière d'aborder le problème, à savoir

d'une manière procédurale ou par intelligence artificielle, et quant au langage utilisé pour l'implémentation. Je terminerai le chapitre par la présentation de la base de règles établie en collaboration avec les Pneumologues.

Dans le troisième chapitre, je présenterai le programme réalisant le protocole, l'analyse de ses différentes fonctions, la discussion sur ses caractéristiques, et les commentaires portant à la fois sur la forme du programme, sur son contenu, et sur la manière de l'utiliser.

La conclusion portera essentiellement sur la deuxième partie, qui est la plus importante, et essaiera de préciser les tâches qui restent à accomplir pour intégrer le programme dans l'environnement de la base de données déjà existante dans le service de Fonction Respiratoire.

PREMIERE PARTIE : CONCEPTION DE LA BASE DE DONNEES

Introduction

Au départ , la demande des médecins était de procéder à la réalisation d'une base de données pour le service de Fonction Respiratoire. Cette base de données devait dans le projet initial être partagée avec les services de Neurologie et de Pneumologie. Je me suis donc dans un premier temps orientée vers les réseaux locaux, mais ce projet de partage de base de données s'est avéré trop coûteux et a été abandonné. J'ai donc ensuite commencé l'analyse fonctionnelle , et réalisé le schéma Entité-Association de cette application. Ensuite ce schéma a été utilisé en partie par une firme spécialisée qui a implémenté la base de données. Pour cette raison , j'ai limité l'analyse fonctionnelle au schéma Entité - Association , et à la définition des principales fonctions à réaliser.

I. FONCTIONNEMENT DU SERVICE

Le matin, une secrétaire va chercher dans un casier les demandes relatives aux Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (E.F.R.), venant des services d'hospitalisation.

Sur ces demandes sont renseignés:

- les NOM ,PRENOMS du patient
- son numéro d'identification
- sa date de naissance
- le numéro du service où il est hospitalisé
- le nom du médecin demandeur
- les examens demandés.

La secrétaire met à jour les renseignements relatifs au patient (ou crée une nouvelle fiche).

- Ensuite ces demandes sont transmises aux techniciens qui vont pratiquer ces E.F.R.. Ils convoquent les malades au fur et à mesure (le plus souvent par groupes de 3).

- Au cours de la journée peuvent se présenter directement dans le service de Fonction Respiratoire des patients envoyés par des médecins de l'hôpital mais faisant des consultations externes.

Ces patients seront pris prioritairement par rapport aux hospitalisés. La secrétaire met leur fiche à jour ou crée une nouvelle fiche au fur et à mesure de leur arrivée.

- De temps en temps, un patient téléphone pour prendre directement rendez-vous, lorsqu'il est envoyé directement par son médecin traitant.

- Les techniciens effectuent les examens demandés, et les résultats sont mémorisés via les Apples sur un disque dur, en même temps qu'ils sont protocolés partiellement.

- Le lendemain, les résultats seront vus et protocolés par le médecin responsable.

Eventuellement, au vu de ces résultats, il proposera des examens spéciaux, lesquels devront être demandés par les médecins ayant prescrit les Epreuves Fonctionnelles Respiratoires de départ, et ces examens spéciaux seront programmés pour un jour précis (les examens spéciaux se faisant un jour précis de la semaine).

- Une fois protocolés, les résultats seront transmis

- soit au service dans lequel le patient est hospitalisé (et non au médecin demandeur)

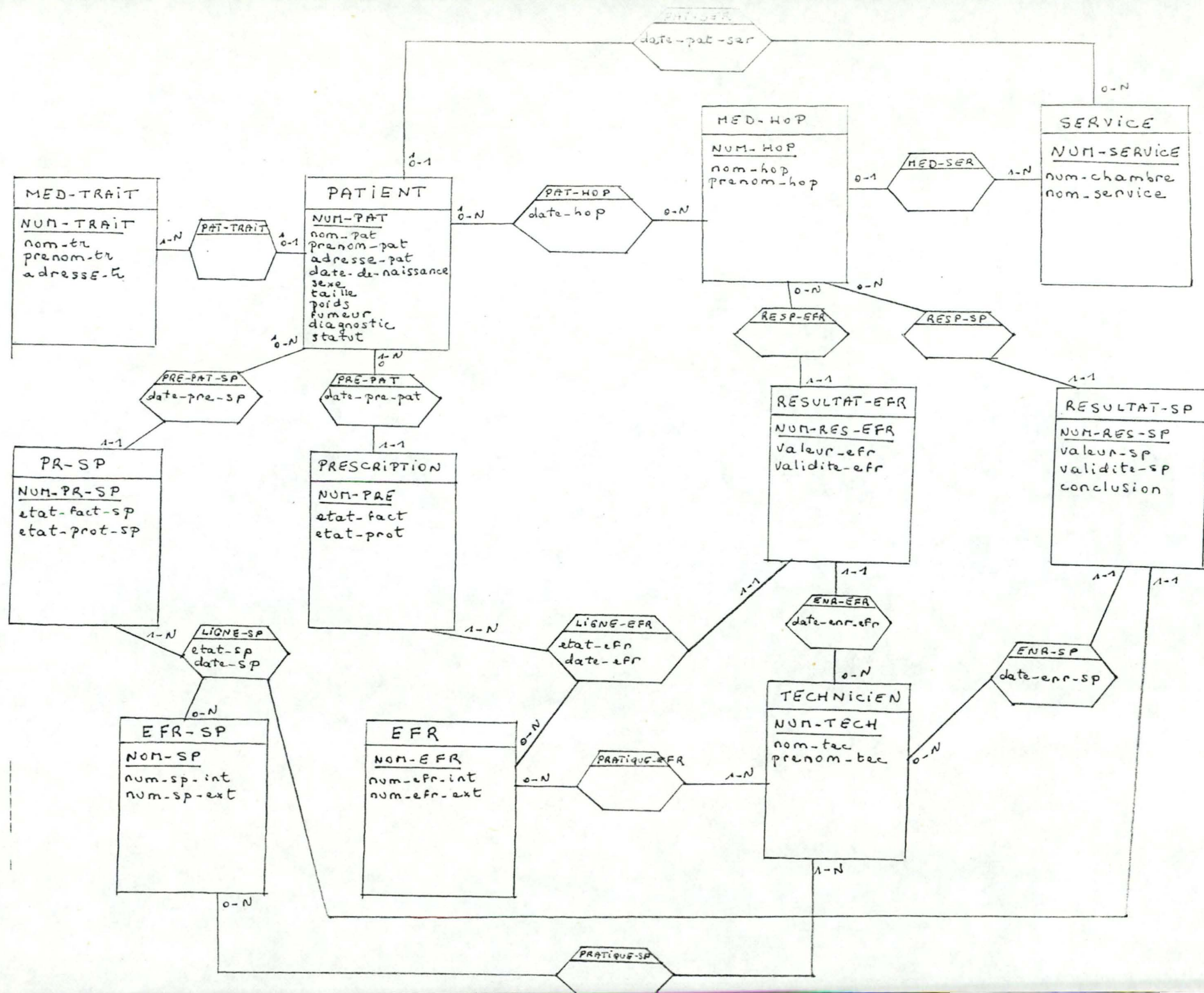
- soit à la consultation externe, c'est-à-dire au médecin prescripteur

- soit au médecin traitant si le patient est envoyé directement par lui.

- Ensuite les examens protocolés seront facturés, c'est-à-dire que l'on produira par patient la liste des examens pratiqués, avec leur numéro de code, et l'on transmet cette liste à la comptabilité.

Après cette description du fonctionnement du service, je vais en faire une analyse fonctionnelle sous forme de schéma Entité-Association, comme décrit dans le cours de François Bodart [BOD 83].

2.1. SCHEMA



2.2. DEFINITIONS RELATIVES AU SCHEMA ENTITE-ASSOCIATION

2.2.1 Entités

- - - -

a. MED-TRAIT

Définition Fait partie de cette entité tout médecin n'appartenant pas à l'entité MED-HOP , et ayant envoyé au moins un patient

- soit en consultation d'un médecin de la clinique appartenant à l'entité MED-HOP
- soit en hospitalisation
- soit directement au service de Fonction Respiratoire

Attribut identifiant NUM-TRAIT (numéro d'identification de l'INAMI)

Attributs nom-tr
prenom-tr (un seul)
adresse-tr

b. PATIENT

Définition Fait partie de l'entité PATIENT toute personne ayant subi au moins une Epreuve Fonctionnelle Respiratoire dans le service de Fonction Respiratoire

Attribut identifiant NUM-PAT (numéro attribué lors de la création de l'occurrence)

Attributs	nom-pat
	prénom-pat (un seul)
	adresse-pat
	date-de-naissance
	sexe
	taille
	poids
	fumeur (oui - non - ancien)
	diagnostic clinique
	statut (hospitalisé - consultation externe- envoyé directement par le médecin traitant)

c. MED-HOP

Définition Fait partie de l'entité MED-HOP tout médecin travaillant dans la clinique

Attribut identifiant NUM-HOP (numéro d'identification de l'INAMI)

Attributs	nom-hop
	prénom-hop (un seul)

d. EFR

Définition Fait partie de cette entité toute Epreuve Fonctionnelle Respiratoire pratiquée couramment dans le service de Fonction Respiratoire , c'est-à-dire ne nécessitant pas de prise de rendez-vous

Attribut identifiant NOM-EFR

Attributs **num-efr-int** (numéro d'identification dans la nomenclature de l'INAMI pour cet examen pratiqué chez un patient hospitalisé)

num-efr-ext (numéro d'identification dans la nomenclature de l'INAMI pour cet examen pratiqué chez un patient en externe)

e. EFR-SP

Définition Fait partie de cette entité toute Epreuve Fonctionnelle Respiratoire n'appartenant pas à l'entité EFR , et donc pratiquée un jour fixe dans la semaine et sur rendez-vous

Attribut identifiant **NOM-SP**

Attributs **num-sp-int** (numéro d'identification de cet examen pratiqué chez un patient hospitalisé ,dans la nomenclature de l'INAMI)

num-sp-ext (numéro d'identification de cet examen pratiqué chez un patient en externe dans la nomenclature de l'INAMI)

f. TECHNICIEN

Définition Fait partie de cette entité toute personne travaillant dans le service de Fonction Respiratoire et ayant la qualification de technicien

Attribut identifiant **NUM-TECH**

Attributs nom
 prénom (un seul)

q. PRESCRIPTION

Définition Fait partie de cette entité toute demande faite par un médecin appartenant soit à MED-TRAIT soit à MED-HOP de pratiquer chez un patient appartenant à PATIENT une Epreuve Fonctionnelle Respiratoire appartenant à EFR

Attribut identifiant NUM-PRE (numéro attribué lors de la création de l'occurrence)

Attributs etat-fact (oui - non)
 etat-prot (oui - non)

h. PR-SP

Définition Fait partie de cette entité toute demande faite par un médecin appartenant soit à MED-TRAIT soit à MED-HOP de pratiquer une Epreuve Fonctionnelle Respiratoire appartenant à EFR-SP chez un patient appartenant à PATIENT

Attribut identifiant NUM-PR-SP (numéro attribué lors de la création de l'occurrence)

Attributs etat-fact-sp (oui - non)
 etat-prot-sp (oui - non)

i. SERVICE

Définition Fait partie de cette entité tout service d'hospitalisation de la clinique

Attribut identifiant NUM-SERVICE

Attributs num-chambre (numéro de la chambre dans laquelle le patient est hospitalisé)
nom-service

j. RESULTAT-EFR

Définition Fait partie de cette entité tout résultat obtenu pour une Epreuve Fonctionnelle Respiratoire appartenant à EFR pratiquée suite à une demande faite et appartenant à PRESCRIPTION

Attribut identifiant NUM-RES-EFR (numéro attribué lors de la création de l'occurrence)

Attributs valeur-efr
validite-efr (oui - non)

k. RESULTAT-SP

Définition Fait partie de cette entité tout résultat obtenu pour une Epreuve Fonctionnelle Respiratoire appartenant à EFR-SP pratiquée suite à une demande faite et appartenant à PR-SP

Attribut identifiant NUM-RES-SP (numéro attribué lors de la création de l'occurrence)

Attributs valeur-sp
validité-sp
conclusion

2.2.2 Associations

1. PAT-TRAIT

Définie par	MED-TRAIT et PATIENT (association binaire)
Identifiée par	NUM-TRAIT et NUM-PAT
Connectivités	<ul style="list-style-type: none">- tout médecin appartenant à l'entité MED-TRAIT est obligatoirement relié à au moins une occurrence de PATIENT et un médecin traitant peut avoir plusieurs patients- un patient peut ne pas avoir de médecin traitant (ex : étudiant ou membre du personnel passant des E.F.R.) , et tout patient a au maximum un médecin traitant
Contrainte	<ul style="list-style-type: none">- tout patient appartenant à l'entité PATIENT doit participer obligatoirement à au moins une des trois associations suivantes : PAT-SER, PAT-TRAIT, PAT-HOP

m. PAT-HOP

Définie par	PATIENT et MED-HOP (association binaire)
Identifiée par	NUM-PAT et NUM-HOP
Connectivités	<ul style="list-style-type: none">- un patient peut être envoyé en Fonction Respiratoire par un médecin n'appartenant pas à l'entité MED-HOP, et plusieurs médecins appartenant à l'entité MED-HOP peuvent prescrire des E.F.R.chez un patient hospitalisé .

	<ul style="list-style-type: none"> - un médecin appartenant à l'entité MED-HOP peut ne pas avoir envoyé de patient en Fonction Respiratoire et peut en avoir envoyé plusieurs
Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> - Pour participer à une telle association , le patient doit avoir le statut : "hospitalisé" ou "consultation externe" - Tout patient de l'entité PATIENT doit participer à au moins une des trois associations suivantes : PAT-SER, PAT-HOP, PAT-TRAIT
Attribut	date-hop
n. PRE-PAT	
Définie par	PATIENT et EFR (association binaire)
Identifiée par	NUM-PAT et NUM-EFR
Connectivités	<ul style="list-style-type: none"> - un patient appartenant à l'entité PATIENT doit avoir été l'objet d'au moins une demande d'Epreuve Fonctionnelle Respiratoire appartenant soit à PRESCRIPTION, soit à PR-SP et peut en avoir été l'objet de plusieurs - une prescription est obligatoirement reliée à un patient et à un seul
Contrainte d'intégrité	<p>Tout patient appartenant à l'entité PATIENT doit donc participer obligatoirement à une des 2 associations suivantes : PRE-PAT ou PRE-PAT-SP</p>

Attribut **date-pre-pat** (date à laquelle la demande d'E.F.R. a été reçue)

o. PRE-PAT-SP

Définie par PATIENT et PR-SP (association binaire)

Identifiée par NUM-PAT et NUM-PR-SP

Connectivités - un patient appartenant à l'entité PATIENT doit avoir fait l'objet soit d'une demande d'EFR , soit d'une demande d'EFR-SP et peut avoir l'objet de plusieurs demandes d'EFR-SP
- toute demande d'examens spéciaux appartenant à l'entité PR-SP est obligatoirement relative à un patient et à un seul

Contrainte d'intégrité elle est la même que celle relative à l'association PRE-PAT

Attribut **date-pre-sp**

p. PAT-SER

Définie par PATIENT et MED-HOP (association binaire)

Identifiée par NUM-PAT et NUM-SERVICE

Connectivités - un patient peut ne pas être hospitalisé , et est hospitalisé dans un seul service
- un service peut n'avoir fait aucune demande d'E.F.R. , et peut en avoir fait plusieurs

Contraintes - pour participer à une telle association, le patient doit avoir le statut " hospitalisé "
- tout patient participant à l'association

PAT-SER participe obligatoirement à l'association PAT-HOP

Attribut **date-pat-ser** : date à laquelle la demande EFR a été reçue

q. MED-SER

Définie par MED-HOP et SERVICE (association binaire)

Identifiée par NUM-HOP et NUM-SERVICE

Connectivités

- un médecin appartenant à l'entité MED-HOP peut travailler dans un service autre qu'un service d'hospitalisation , et un médecin est rattaché à au plus un service
- tout service comprend au moins un médecin et peut en comprendre plusieurs

r. LIGNE-EFR

Définie par PRESCRIPTION , EFR et RESULTAT-EFR
(association ternaire)

Identifiée par NUM-PRE , NOM-EFR et NUM-EFR

Connectivités

- une prescription appartenant à l'entité PRESCRIPTION contient obligatoirement une demande d'E.F.R. donnant lieu à un seul résultat , et peut en contenir plusieurs
- une E.F.R. reprise dans l'entité EFR peut n'avoir fait l'objet d'aucune demande et peut se retrouver dans plusieurs demandes différentes
- un résultat appartenant à l'entité

RESULTAT-EFR est toujours relatif à une E.F.R. et à une prescription , et à une seule

Attributs **etat-efr** (OUI ou NON suivant que l'examen a été effectué ou non)

date-efr (date à laquelle l'examen doit être effectué)

s. LIGNE-SP

Définie par PR-SP , EFR-SP et RESULTAT-SP (association ternaire)

Identifiée par NUM-PR-SP , NOM-SP et NUM-SP

Connectivités elles sont identiques à celle de l'association LIGNE-EFR

Attributs **etat-sp** (OUI ou NON suivant que l'examen a été effectué ou pas)

date-sp (date prévue pour l'examen)

t. PRATIQUE-EFR

Définie par EFR et TECHNICIEN (association binaire)

Identifiée par NOM-EFR et NUM-TECH

Connectivités - une E.F.R. peut ne pas encore avoir été pratiquée par un technicien, et peut avoir été pratiquée par plusieurs
- un technicien pratique au moins une EFR et peut en pratiquer plusieurs

u. PRATIQUE-SP

Définie par EFR-SP et TECHNICIEN (association binaire)
Identifiée par NOM-SP et NUM-TEC
Connectivités elles sont identiques à celles de PRATIQUE-EFR

v. ENR-EFR

Définie par RESULTAT-EFR et TECHNICIEN (association binaire)
Identifiée par NUM-EFR et NUM-TECH
Connectivités - un résultat est toujours enregistré par un technicien et par un seul
- un technicien peut ne pas avoir enregistré de résultat et peut en avoir enregistré plusieurs
Attribut date-enr-efr (date à laquelle le résultat a été enregistré)

w. ENR-SP

Définie par RESULTAT-SP et TECHNICIEN (association binaire)
Identifiée par NUM-SP et NUM-TECH
Connectivités elles sont identiques à celles de ENR-EFR
Attribut date-enr-sp

x. RESP-EFR

Définie par MED-HOP et RESULTAT-EFR (association binaire)

Identifiée par NUM-HOP et NUM-EFR

Connectivités

- un médecin appartenant à l'entité MED-HOP peut ne pas être responsable de résultats et peut en superviser plusieurs
- tout résultat doit être sous la responsabilité d'un médecin et d'un seul

y. RESP-SP

Définie par MED-HOP et RESULTAT-SP (association binaire)

Identifiée par NUM-HOP et NUM-SP

Connectivités elles sont identiques à celles de RESP-EFR

III. FONCTIONS A REALISER

3.1 Enregistrement d'une demande d'E.F.R.

- Cette fonction a pour but la mémorisation dans la base de données des demandes E.F.R. parvenues dans le service
 - soit le matin lorsque une secrétaire va chercher les demandes
 - soit lors de l'arrivée d'un patient venant d'une consultation externe
 - soit lors d'une prise de rendez-vous par un patient envoyé directement par son médecin traitant
- Elle va également créer ou mettre à jour les renseignements relatifs au patient
 - attributs de l'entité PATIENT
 - entité MED-TRAIT correspondante
 - associations éventuelles avec MED-HOP et SERVICE, avec mémorisation dans chacune de ces associations de la date du jour
- Elle va créer une occurrence de l'entité PRESCRIPTION, si la demande est relative à des examens appartenant à l'entité EFR, avec les associations correspondantes PRE-PAT et LIGNE-EFR
 - dans PRESCRIPTION : etat-fact = " non facturé "
 - etat-prot = " non protocolé "
 - dans PRE-PAT : date-pre-pat = date du jour
 - dans LIGNE-EFR : etat-efr = " non effectué "
 - date-efr = date prévue pour l'examen
- Pour respecter les contraintes d'intégrité, une occurrence de RESULTAT-EFR sera créée, avec création d'un NUM-RES-EFR, les

RESULTAT-EFR sera créée, avec création d'un NUM-RES-EFR, les autres attributs étant mis à valeur nulle. Les associations correspondantes seront donc également créées, l'attribut date-enr-efr étant mis à la date du jour. L'association avec MED-HOP se fera avec le médecin responsable du jour.

Remarque : Si un patient ne participe pas à une association avec MED-TRAIT, c'est que l'examen est demandé pour un membre du personnel ou assimilé.

3.2 Production d'une liste reprenant les patients à convoquer

- Cette fonction va produire une liste destinée aux techniciens qui vont effectuer les E.F.R.; cette liste va reprendre uniquement les patients devant subir un examen repris dans l'entité EFR.
- Les patients inscrits seront ceux ayant des examens programmés, non encore effectués et dont la date prévue pour la réalisation est égale ou antérieure à la date du jour.
- La liste contiendra les éléments permettant de convoquer le patient (c-à-d son numéro de service et son numéro de chambre)

3.3 Mémorisation des résultats pour des E.F.R. non spéciaux

- Chaque fois qu'un examen est effectué, les résultats sont enregistrés sur un fichier Apple, chaque patient étant identifié par NUM-PAT, chaque E.F.R. par NOM-EFR.
- Doivent également être renseignés, par examen :
 - date de l'examen

- validité de l'examen
- médecin responsable
- nom du technicien
- numéro de prescription NUM-PRE
- Ce fichier sera recopié via l'interface Apple/Olivetti, et sera intégré à la base de données.
- Pour tout résultat enregistré, il y aura mise à jour de l'entité RESULTAT-EFR correspondante, et etat-efr de l'association LIGNE-EFR sera mise à " effectué ".

3.4 Elaboration du protocole

- Cette fonction va effectuer le protocole pour les patients dont toutes les E.F.R. relatives à une même prescription ont été effectuées, et qui ne sont pas encore protocolées.
- Le protocole reprendra les nom et prénom du patient, son sexe, son âge et ses habitudes tabagiques, le nom du médecin demandeur et, pour les patients hospitalisés, le nom du service et le numéro de la chambre.
- Pour chaque patient protocolé, etat-prot de la prescription correspondante sera mis à " effectué ".
- Pour chaque patient protocolé, si un examen appartenant à l'entité EFR-SP a été fait entre la date-pre-pat de PRE-PAT et la date du jour, il sera indiqué sur le protocole, avec son résultat et sa conclusion (si etat-prot-sp correspondant = " effectué " et etat-sp = " effectué ")

3.5 Facturation

- Cette fonction a pour but la production d'une liste reprenant par patient les examens effectués, cette liste étant destinée au service de comptabilité de la clinique.
- Elle consiste à produire une liste reprenant, pour tous les patients protocolés, mais non encore facturés, la liste des examens EFR et EFR-SP pratiqués, avec leur numéro .
- Pour chaque patient, on indiquera son nom, son prénom, son numéro (NUM-PAT), et s'il est hospitalisé ou non.
- Les numéros des EFR et EFR-SP étant différents suivant que le patient est hospitalisé ou non, il faudra d'abord consulter son statut, et prendre num-efr-int et num-sp-int s'il est hospitalisé, et num-efr-ext et num-sp-ext dans le cas inverse.
- Pour chaque prescription facturée, etat-prot devient " facturé ".
- Tout examen ayant été pratiqué chez un membre du personnel ne doit pas être facturé.

3.6 Liste des EFR-SP prévues à la date du jour

- Cette liste va reprendre les patients ayant un examen spécial prévu à la date du jour, ou à une date antérieure à celle-ci (cette liste comprend tous les patients , qu'ils soient hospitalisés ou non).
- Les renseignements indiqués sur la liste sont identiques à ceux de la liste résultant de la fonction 3.2 .

3.7 Mémoires des résultats EFR-SP, avec leur conclusion

- Cette mémorisation pourra se faire directement dans la base de données, car il n'existe pas d'enregistrement automatique des résultats.
- Il y aura mise à jour de l'entité RESULTAT-SP, ainsi que des associations correspondantes (RESP-SP, LIGNE-SP et ENR-SP).
- Si le médecin a déjà donné sa conclusion, celle-ci sera introduite, et etat-prot-sp sera mis à " effectué ".
- etat-sp devient " effectué "

3.8 Production du dernier protocole effectué pour un patient

donné

- A partir du nom, du prénom et de la date de naissance d'un patient, la fonction ressort le dernier protocole effectué pour ce patient ainsi que l'indication si un examen spécial a été effectué entre la date de la dernière prescription (date-pre-pat) et la date du jour, examen dont etat-sp = "effectué " . Celui-ci sera inscrit avec son nom, son résultat et sa conclusion, si celle-ci est mémorisée.

3.9 Production statistique annuelle

Cette fonction va produire la liste des examens demandés par chaque service en un an. Par service, on reprendra un à un les examens, en donnant le nombre de demandes pour les femmes et pour les hommes, et le nombre au total.

3.10 Consultation de certains résultats on-line

Le but de cette fonction est de permettre à l'utilisateur de consulter à l'écran certains résultats pour un patient donné dont on connaît le nom, le prénom et la date de naissance.

3.11 Liste de tous les examens pratiqués chez un patient donné

Cette fonction va permettre d'obtenir en introduisant les nom prénom et date de naissance d'un patient la liste des examens pratiqués avec leur résultat.

DEUXIEME PARTIE : REALISATION D'UN PROTOCOLE INFORMATISE

Introduction

Cette partie va donc décrire comment se construit un protocole des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires, en décrivant tout d'abord brièvement les examens pratiqués et le mode de raisonnement suivi pour élaborer le protocole. Ensuite, je présenterai l'approche informatisée du problème, ses avantages et ses limites, ainsi que les choix posés quant au mode de résolution du problème, et je terminerai par la présentation du programme.

I. ELABORATION D'UN PROTOCOLE AUTOMATISE

1.1 LE PROBLEME

Il s'agit de poser un diagnostic sur la **fonction respiratoire**. Ce n'est donc pas un diagnostic clinique, mais basé uniquement sur les Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (E.F.R.).

Les E.F.R. comprennent:

- la mesure des volumes pulmonaires
 - statiques
 - dynamiques

ce qui permet de déceler un **trouble ventilatoire**.

- la mesure de la diffusion des gaz pulmonaires, ce qui permet de déceler un **trouble du transfert des gaz**.

- la mesure des gaz artériels, qui permet de mettre en évidence une **hypoxémie artérielle**, et des **troubles de l'équilibre acido-basique**.

- l'étude de l'élasticité pulmonaire et de la résistance des voies aériennes au flux, qui permet de diagnostiquer un problème dans la **mécanique ventilatoire**.

1.2 PRESENTATION DES EPREUVES FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES

1.2.1. ETUDE DES VOLUMES PULMONAIRES

La mesure des volumes pulmonaires comporte

a) les volumes pulmonaires statiques :

C.P.T. : capacité pulmonaire totale

C.R.F. : capacité résiduelle forcée

V.R. : volume résiduel

b) les volumes pulmonaires dynamiques :

V.E.M.S. : volume expiratoire maximum en une seconde

V.C. : volume courant

C.V. : capacité vitale.

Ces différents volumes varieront en fonction

- du sexe

- de la taille

- de l'âge.

Il existe des tables exprimant les volumes normaux en fonction de ces différents paramètres. La mesure des volumes pulmonaires sera donc exprimée d'une part en valeur absolue, et d'autre part en pourcentage de normalité par rapport à une personne de mêmes âge, sexe, taille.

J'introduirai ici une petite explication sur les normes de référence adoptées actuellement. Ces normes sont celles de la CECA (Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier); celles-ci ont été remises à jour en 1981 [CECA 81]. Une étude a été réalisée dans chacun des pays de la communauté : on a sélectionné un échantillon représentatif de la population considérée comme normale du point de vue de la fonction pulmonaire, chaque échantillon contenant plusieurs groupes différents; chaque groupe représentant une catégorie d'individus de mêmes âge, taille, sexe, de manière à ce que toutes les tranches de la population soient représentées, mais ceci étant valable uniquement pour la population adulte, c'est-à-dire pour des personnes de plus de 18 ans. A partir des valeurs obtenues pour les différentes Epreuves Fonctionnelles Respiratoires chez ces individus, on a pu établir des équations de régression qui permettent, chez une personne donnée, de calculer les valeurs attendues en fonction de son sexe, son âge et sa taille.

Dans le service de Fonction Respiratoire de la clinique de Godinne, les résultats seront en général exprimés en valeur absolue, et en pourcentage de normalité par rapport aux valeurs de référence (celles-ci valant 100 %). Par exemple, la

capacité pulmonaire totale C.P.T. sera considérée comme normale si sa valeur vaut entre 79 % et 121 % de la valeur moyenne d'une personne de mêmes âge, taille, sexe, établie suivant les normes de la C.E.C.A.

Une fois les résultats exprimés en pourcentages, il s'agit d'établir un diagnostic des volumes pulmonaires.

(1) Les diagnostics que l'on peut poser à partir de la mesure des volumes pulmonaires sont les suivants:

- syndrome restrictif
- syndrome obstructif
- syndrome mixte
- résultats limites : il faudra dès lors préciser le diagnostic en calculant certains rapports , et en dernier recours laisser au pneumologue le soin d'interpréter lui-même ces résultats.
- résultats à remesurer, car incompatibles entre eux.
- on peut également se faire une idée sur la collaboration du patient. En effet, certains volumes sont mesurés à la fois de manière statique et de manière dynamique, et par comparaison entre ces volumes, on peut estimer la collaboration du patient et la fiabilité des résultats.

(2) Il faudra ensuite attribuer un degré de gravité à ce diagnostic. Ce degré de gravité est établi actuellement sur

base d'une table donnant un qualificatif de gravité suivant le pourcentage de déficit par rapport aux valeurs normales. Les medecins souhaitent pouvoir modifier les deqrs de gravité eux-mêmes; ceux-ci doivent donc pouvoir être modifiables facilement.

1.2.2. ETUDE DE LA DIFFUSION

La mesure de la capacité de diffusion à l'oxyde de carbone permet l'étude du transfert des gaz à travers la membrane alvéolo-capillaire.

Un abaissement de cette capacité de diffusion (DL CO) s'observe dans 2 groupes d'affections:

- les maladies interstitielles pulmonaires
- les affections responsables de troubles du rapport ventilation/perfusion, au détriment de la perfusion
(ex : emphysème, maladies vasculaires pulmonaires pures)

Si j'ai en outre un diagnostic de **syndrome obstructif** :

- une diminution du rapport DL CO/VA témoigne de lésions anatomiques d'emphysème
- un rapport DL CO/VA normal plaide pour une bronchite chronique pure, mais ce dernier diagnostic n'est pas posable à partir des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires seules, étant donné que c'est un diagnostic essentiellement clinique (c'est-à-dire posé à partir de l'examen clinique du malade, de ses résultats sanguins et de ses radiographies pulmonaires)

1.2.3. ETUDE DE LA MECANIQUE VENTILATOIRE.

Elle comprend l'étude de

- l'élasticité thoracique
- l'élasticité pulmonaire
- résistance des voies aériennes au flux.

En pratique, on ne mesure couramment que la résistance des voies aériennes.

a) Elasticité pulmonaire

Elle est intéressante à étudier dans 2 groupes d'affections

- les pneumopathies interstitielles diffuses
- les bronchopneumopathies chroniques obstructives:
 - en cas d'emphysème, diminution de l'élasticité pulmonaire
 - en cas de bronchite chronique, l'élasticité sera normale.

b) Résistance du flux aérien

Elle est augmentée dans toutes les affections comportant des rétrécissements bronchiques diffus :

- bronchite chronique
- asthme.

1.3 MARCHE A SUIVRE POUR ELABORER UN PROTOCOLE

1.3.1 Examen des paramètres

a. Regarder les volumes pulmonaires statiques

- C.P.T. (T.L.C.) : capacité pulmonaire totale
- V.R./C.P.T

ce qui permet de caractériser les volumes pulmonaires

- d'une manière absolue
- d'une manière relative.

b. Regarder les volumes pulmonaires dynamiques

- V.E.M.S. : volume expiratoire moyen par seconde
- V.E.M.S./C.V.F.

ce qui permet de diagnostiquer la présence d'un déficit
ventilatoire.

c. Regarder l'épreuve de bronchodilatation, si elle a été
pratiquée, et en évaluer les résultats.

d. Regarder les résultats du transfert du CO, c'est-à-dire voir
s'il existe un problème au niveau de la diffusion des gaz.

e. Regarder la conductance, c'est-à-dire voir s'il y a un
problème au niveau de la résistance des voies aériennes.

f. Evaluer la collaboration des patients

- d'après l'évaluation du technicien
- par comparaison des mesures de paramètres par des méthodes différentes.

g. Comparer avec les derniers résultats antérieurs, afin de pouvoir juger l'évolution du patient.

1.3.2 Caractérisation des troubles

Si les paramètres examinés en A sont suffisamment interprétables, on pourra classer le patient d'une manière plus formelle, et lui attribuer un trouble ventilatoire obstructif ou restrictif, avec ou sans trouble de la diffusion, ou bien le ranger dans la catégorie des valeurs normales.

Si les paramètres ne sont pas interprétables, on se contentera d'être purement descriptif.

1.3.3. Essai de diagnostic

Dans certains cas, on peut émettre une hypothèse de diagnostic. Certaines maladies peuvent en effet être caractérisées entièrement d'après les résultats des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires. Ce sera le cas pour la majorité des troubles ventilatoires obstructifs. Par contre les troubles ventilatoires restrictifs ont des origines trop variées que pour pouvoir

émettre une hypothèse quant à l'origine des troubles. On pourra par ailleurs dans certains cas suggérer une cause probable aux anomalies constatées, par exemple en cas d'obésité, de tabagisme...

II. INFORMATISATION DU PROTOCOLE

2.1. QUE PEUT-ON ATTENDRE D'UN PROTOCOLE INFORMATISE ?

L'idée de l'automatisation du protocole des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires n'est pas neuve. Actuellement, un médecin du service regarde l'ensemble des résultats une fois par jour et donne sa conclusion au dictaphone; celle-ci sera ensuite tapée par la secrétaire. Il faut protocoler entre 10 et 20 patients par jour : on peut donc espérer un gain de temps important en automatisant. Par ailleurs, la manière de protocoler suit un mode de raisonnement basé sur des comparaisons des valeurs obtenues avec les normes, ceci d'une manière relativement standardisée, et donc reproductible par un processus automatisé. Depuis quelques années d'ailleurs, un protocole informatisé existe dans le service de Fonction Respiratoire. Celui-ci a été programmé en Basic, et donne entière satisfaction quant aux normes adoptées et aux conclusions proposées, mais présente des lacunes dans la mesure où :

- si un n'examen n'a pas été fait, il est considéré comme ayant une valeur nulle, et sera donc protocolé pathologique. Il existe en effet en Fonction Respiratoire deux types de patients :

- des patients pré-opérés ne posant aucun problème respiratoire particulier, chez lesquels on se contente de mesurer le V.E.M.S. et la C.R.F.. Les patients pré-opérés de plus de 40 ans auront en outre une mesure de la DLCO.

- des patients ayant des problèmes respiratoires, qui seront soumis à l'ensemble des examens.

Le protocole à établir sera donc différent suivant le type de patient.

- il est très difficile de modifier les valeurs de référence ou les conclusions dégagées, car elles apparaissent à de nombreux endroits dans le programme.

- le protocole ne porte que sur une série de résultats, et n'enlobe donc pas l'ensemble de l'examen : le reste de l'examen devra donc toujours être protocolé manuellement.

La leçon à tirer de ce protocole est qu'il est tout à fait possible d'avoir une informatisation à ce niveau, mais que celle-ci doit être facilement modifiable, adaptable et extensible.

Le protocole informatisé peut être programmé en langage traditionnel procédural, ou en langage autorisant l'utilisation de l'intelligence artificielle. Si l'on veut se rapprocher le plus possible du mode de raisonnement du praticien, il paraît plus judicieux d'opter pour l'intelligence artificielle, en essayant d'obtenir un programme suffisamment souple, afin qu'il autorise facilement l'introduction de nouvelles règles permettant de nuancer certaines conclusions, et l'introduction de nouveaux paramètres à interpréter.

2.2. CHOIX D'UN LANGAGE DE PROGRAMMATION

Après avoir choisi de traiter l'application plutôt par une approche d'intelligence artificielle, il restait à décider du langage, le choix devant être fait entre Prolog et Lisp.

Les avantages de Prolog sont essentiellement la traduction quasi immédiate des règles, la lisibilité du programme, et l'existence du moteur d'inférence. Ses inconvénients sont le fait qu'il travaille en chaînage arrière uniquement, que son temps de réponse est long, et que l'ordre des règles a de l'importance.

Lisp par contre permet les chaînages avant et arrière, mais qu'il faut programmer soi-même, offre un temps de réponse beaucoup plus bref, et son système de listes autorise une grande souplesse de programmation. Par contre, les programmes sont beaucoup moins lisibles, et la traduction de certaines règles demande plus de travail de programmation.

Le choix s'est porté sur Lisp pour les raisons suivantes :

- le temps de réponse nous a paru un élément important dans la mesure où 10 à 20 protocoles doivent être faits tous les jours.
- la présente application se prête mieux à un chaînage avant dans la mesure il paraît plus facile de partir des valeurs des paramètres afin de tirer les conclusions portant uniquement sur ces résultats, plutôt que de partir de l'ensemble de toutes les conclusions, et de vérifier si elles correspondent aux valeurs des paramètres.

2.3. PROBLEMES POSES PAR L'AUTOMATISATION DU PROTOCOLE

2.3.1. Problème de précision

Dans certains cas, on sera amené à calculer des rapports de pourcentages, ce qui augmente évidemment la marge d'erreur (ce sera le cas notamment pour l'évaluation de VR/CPT). Par exemple, pour attribuer un degré de gravité à la distension pulmonaire, on va se baser sur la valeur du rapport VR/CPT. Cette valeur va ensuite être comparée à des valeurs de référence afin de pouvoir juger de la gravité du trouble. La valeur du rapport VEMS/CPT va être exprimée en pourcent~~s~~, ainsi que la valeur de référence obtenue par le rapport des valeurs prédites pour le VEMS et pour la CPT. Ces valeurs de référence étant des moyennes statistiques, la marge d'erreur se trouve déjà augmentée. Ensuite, on va établir le pourcentage de normalité entre VEMS/CVF exprimé en pourcent~~s~~ et la valeur prédite de ce rapport. Et pour terminer, on va comparer le dernier pourcentage obtenu avec des pourcentages de référence, le résultat de la comparaison nous fournissant un qualificatif de gravité. Toutefois, la pratique permet de constater que cette manière de procéder donne satisfaction dans la grande majorité des cas, et a le mérite de simplifier la conception du protocole. Ceci a en effet été déjà utilisé dans le programme tournant en Basic, et les conclusions dégaquées par cette méthode paraissent globalement satisfaisantes aux médecins du service.

2.3.2. Problème des valeurs limites

Les valeurs de référence limites resteront toujours un point délicat dans l'interprétation des résultats. Une valeur à la limite de la normale s'interprètera d'une manière catégorique par un ordinateur, et nuancée par un médecin formé à l'analyse des résultats. Le médecin, dans ce cas-là, pourra éventuellement consulter d'autres résultats, interpréter l'allure d'une courbe... et donc décider qu'un résultat à la limite inférieure de la normale est en fait pathologique.

En conclusion, je dirais que une approche informatisée de ce type de problème semble pouvoir donner satisfaction, mais il faut garder à l'esprit le fait qu'il existera toujours certains résultats que seul un médecin formé au protocole pourra interpréter valablement.

2.4. BASE DE REGLES

-- -----

Les règles ont été élaborées avec la collaboration des médecins du service. Ils ont analysé devant moi une série de dossiers, et les ont protocolés en explicitant leur mode de raisonnement.

Cette base de règles comporte en fait trois sortes de règles :

- celles qui portent sur la comparaison des valeurs des paramètres avec les normes adoptées dans le service
- celles qui, à partir de conclusions obtenues par l'application des règles précédentes permettent de dégager d'autres faits
- celles enfin qui portent sur la comparaison dans le temps de deux valeurs d'un même paramètre, permettant de tirer une conclusion sur l'évolution de ce paramètre.

A la fin de l'énumération de toutes ces règles, j'ai ajouté deux tableaux, qui vont servir à permettre de qualifier la gravité d'un trouble. On aurait pu concevoir sous forme de règles également cette attribution de gravité, mais j'ai préféré cette forme de mémorisation étant donné la demande des médecins de pouvoir facilement modifier soit les valeurs de comparaison, soit les adjectifs qui s'y rapportent.

Voici les règles :

1. Si $80\% \leq C.P.T. \leq 120\%$, alors le volume pulmonaire total est normal
2. Si $C.P.T. > 120\%$, le volume pulmonaire total est augmenté
3. Si $C.P.T. < 80\%$, alors le volume pulmonaire total est diminué

4. Si $V.R./C.P.T. < 116\%$, alors le volume résiduel est normal en valeur relative
5. Si $116\% \leq V.R./C.P.T. \leq 135\%$, alors le volume résiduel est augmenté en valeur relative d'une manière discrète
6. Si $V.R./C.P.T. > 135\%$, alors il y a de la distension pulmonaire
7. Si $V.E.M.S. < 80\%$, alors on a un déficit ventilatoire
8. Si $V.E.M.S. \geq 80\%$, alors il n'y a pas de déficit ventilatoire
9. Si $V.E.M.S./C.V.F. \geq 70\%$, alors le rapport $V.E.M.S./C.V.F.$ est normal
10. Si $V.E.M.S./C.V.F. < 70\%$, alors le rapport $V.E.M.S.$ est diminué
11. Si $V.C. - F.V.C. < 5\%$, alors la collaboration du patient est douteuse
12. Si la collaboration est douteuse , alors il faut mettre en doute les valeurs de C.P.T. (T.L.C.) et V.R.
13. Si $T\ CO/V.A. \geq 70\%$, alors pas de trouble du transfert
14. Si $T\ CO/V.A. < 70\%$, alors il existe un trouble du transfert
15. Si trouble du transfert et taux Hb < 10 gr , alors le trouble du transfert est à corriger en fonction de l'anémie
16. Si une épreuve de bronchodilatation a été pratiquée , et a entraîné une augmentation du $V.E.M.S. > 20\%$ ou > 300 ml , alors il y a amélioration sous bronchodilatateur
17. Si déficit ventilatoire , alors il faut attribuer un degré de gravité au déficit ventilatoire
18. Si distension pulmonaire , alors il faut attribuer un degré de gravité à la distension pulmonaire

19. Si la conductance $< 100\%$, alors il y a diminution de la conductance
20. Si la conductance $> 100\%$, alors la conductance est normale
21. Si le volume pulmonaire total est diminué et que le rapport V.E.M.S./C.V.F. est normal , alors il y a déficit ventilatoire restrictif
22. Si le volume pulmonaire est diminué et que le rapport V.E.M.S./C.V.F. est diminué , alors il y a déficit ventilatoire mixte
23. Si il y a absence de trouble ventilatoire restrictif et ou un rapport V.E.M.S./C.V.F. diminué ou la conductance diminuée , alors il y a trouble ventilatoire obstructif (T.V.O.)
24. S'il y a T.V.O. et un trouble de la diffusion , alors il y a suspicion d'emphysème
25. S'il y a T.V.O. et que des résultats de bronchodilatation ou que des résultats antérieurs , mais de l'année qui précède, ne montrent pas de T.V.O., alors il y a réversibilité ,sinon il n'y a pas réversibilité
26. S'il y a T.V.O. sans trouble de la diffusion et avec réversibilité , alors il y a suspicion d'asthme
27. Si le poids du patient est supérieur à 120% du poids idéal d'un patient de même/ sexe , taille, âge, il y a obésité
28. S'il y a obésité et un trouble ventilatoire restrictif , alors le trouble ventilatoire restrictif peut être mis en rapport en tout ou en partie avec l'obésité
29. Si le patient est fumeur et qu'il y a T.V.O. ou trouble de la diffusion , alors les troubles peuvent être mis en rapport en tout ou en partie avec le tabagisme

30. Si le volume pulmonaire total est normal et que le V.R. en valeur relative est normal , alors les volumes pulmonaires sont normaux

31. Si les volumes pulmonaires sont normaux et qu'il n'y a pas de déficit ventilatoire et que le rapport V.E.M.S./C.V.F. est normal et qu'il n'y a pas de trouble du transfert et que la conductance est normale , alors l'examen est normal

32. Si $C.P.T. \text{ du jour} - C.P.T. \text{ du dernier examen} * 100 / C.P.T. \text{ du dernier examen} < 15 \%$, alors C.P.T. inchangée

33. Si $C.P.T. \text{ du jour} - C.P.T. \text{ du dernier examen} * 100 / C.P.T. \text{ du dernier examen} > 15 \%$, alors C.P.T. changée

34. Si C.P.T. changée et que $C.P.T. \text{ du jour} - C.P.T. \text{ du dernier examen} > 0$, alors il y a augmentation de C.P.T. par rapport au dernier examen

35. Si C.P.T. changée et que $C.P.T. \text{ du jour} - C.P.T. \text{ du dernier examen} < 0$; alors il y a diminution de C.P.T. par rapport au dernier examen

36. Si $V.R. \text{ du jour} - V.R. \text{ du dernier examen} * 100 / V.R. \text{ du dernier examen} < 15 \%$, alors V.R. inchangé

37. Si $V.R. \text{ du jour} - V.R. \text{ du dernier examen} * 100 / V.R. \text{ du dernier examen} > 15 \%$, alors V.R. changé

38. Si V.R. changé et que $V.R. \text{ du jour} - V.R. \text{ du dernier examen} > 0$ alors il y a augmentation du V.R. par rapport au dernier examen

39. Si C.P.T. inchangée et V.R. inchangé , alors les volumes pulmonaires sont inchangés par rapport au dernier examen

40. Si $V.E.M.S. \text{ du jour} - V.E.M.S. \text{ du dernier examen} * 100 / V.E.M.S. \text{ du dernier examen} < 15 \%$, alors V.E.M.S. inchangé

41. Si V.E.M.S. du jour - V.E.M.S. du dernier examen *
100/V.E.M.S. du dernier examen > I 5% I , alors V.E.M.S. changé

42. Si V.E.M.S. changé et V.E.M.S. du jour - V.E.M.S. du dernier
examen > 0 , alors V.E.M.S. amélioré par rapport au dernier
examen

43. Si V.E.M.S. changé et V.E.M.S. du jour - V.E.M.S. du dernier
examen > 0 , alors V.E.M.S. aggravé par rapport au dernier examen

V.E.M.S.

< 35 %	marqué
35 % <= <60 %	net
60 % <= <75 %	modéré
75 % <= <80 %	discret

Tableau accordant un degré
de gravité au déficit
ventilatoire

V.R./C.P.T.

> 200 %	marqué
200% >= >175 %	net
175% >= >150 %	modéré
150% >= >135 %	discret

Tableau accordant un degré
à la distension pulmonaire

III PRESENTATION DU PROGRAMME

3.1 CONSTRUCTION DU PROGRAMME

--

Le programme, dont le texte se trouve en annexe, peut être conceptuellement divisé en 4 parties :

1. Saisie des données externes
2. Etablissements des premiers faits
3. Déduction de nouveaux faits
4. Impression du protocole

Avant de développer ces différentes parties, il me paraît utile de présenter d'une part la terminologie employée, et d'autre part les données utilisées par le programme.

3.1.1. Terminologie employée et données internes

a) Terminologie employée

atome identificateur non " scindable " , c-à-d ne comprenant pas de blancs ex : CPT , NON-FUMEUR

liste une liste est de la forme (A1 A2 An)
 où Ai est soit un atome

 une liste

 l'élément nul de Lisp : NIL

a-liste liste composée de un ou plusieurs couples (var val),
 où le premier terme du couple est une **variable**, et le deuxième la **valeur de cette variable**, val pouvant être elle-même une a-liste , ou une liste d'atomes.

paramètre désigne le nom d'un examen pratiqué en Fonction Respiratoire ou correspond à une caractéristique du

patient (ex: taille, poids...)

valeur d'un paramètre valeur prise par ce paramètre lors de la pratique de l'examen désigné par le paramètre.

paramètre calculé nom donné à une variable dont la valeur est obtenue à partir des valeurs de deux paramètres (qui sera donc la **valeur du paramètre calculé**)

valeur d'une fonction valeur prise par la fonction après son exécution

effet de bord d'une fonction modification effectuée par la fonction lors de son exécution, et qui persiste après son appel

b) Données internes utilisées par le programme

Les données dont dispose le programme sont contenues dans des a-listes et dans la base de règles.

(1) A-LISTES

- - - - -

REFER VAR = PARAMETRE

VAL = liste (VAL1 VAL2),

t.q. VAL1 = limite inférieure normale de VAR

VAL2 = limite supérieure normale de VAR

EX : (CPT (80 120)) signifie que la valeur de CPT sera considérée comme normale elle comprise entre ces deux valeurs, ou égale à l'une des deux.

VAL VAR = PARAMETRE

VAL = valeur de ce paramètre

DEGRE-GRAVITE

VAL = PARAMETRE

VAR = a-liste (VALNUM APPRECIATION) où

VALNUM = valeur numérique

APPRECIATION = adjectif servant à qualifier le degré de gravité à affecter à la conclusion résultant de la valeur du paramètre (cette valeur étant référencée dans VAL)

EX : (VEMS (35 MARQUE)) signifiera que une valeur de VEMS inférieure à 35 correspondra à un déficit ventilatoire **marqué** .

RAP

VAR = nom générique d'un ensemble regroupant plusieurs paramètres

VAL = liste d'atomes (PAR) où

PAR = paramètre appartenant à VAL

DIF

VAR = PARAMETRE CALCULE

VAL = liste de deux atomes (PAR1 PAR2) où

PAR1 et PAR2 sont les paramètres dont les valeurs vont servir à évaluer la valeur du paramètre calculé.

EX : (DIF-CPT (CPT-L CPT-PREC-L)) signifiera que la valeur de DIF-CPT sera obtenue par le calcul du pourcentage de la différence entre les valeurs de CPT-L et de CPT-PREC-L

CONCLUSIONS

VAR = PARAMETRE

VAL = liste de trois faits (FAIT) où

(FAIT) correspond à la conclusion dégaquée par la
valeur du paramètre

Contraintes portant sur les a-listes :

- tout paramètre de REFER doit également appartenir à VAL et
à CONCLUSIONS

tout paramètre calculé de REFER doit également appartenir
à DIF et à CONCLUSIONS

(2) BASE DE REGLES

C'est une liste appelée REGLES dont la structure est la suivante:

```
( REGLEi ( SI ( ( ANTECEDENT 1 )
                ( ANTECEDENT 2 )
                .
                ( ANTECEDENT n ) )
          ( ALORS ( ( CONSEQUENT 1 )
                    .
                    ( CONSEQUENT m ) ) ) ) )
```

Avant de présenter la construction du programme, il me reste à expliciter les fonctions **VALPAR** et **INVERSION** , car celles-ci sont communes aux quatre parties du programme .

VALPAR (FICH PAR)

entrée : FICH = nom d'une a-liste

PAR = variable de FICH

sortie : la valeur de VALPAR est la valeur associée à PAR dans FICH .

INVERSION (LISTE)

entrée : LISTE = liste (ELT1 ELT2 ELTn)

sortie : la valeur de INVERSION est une liste
(ELTn ELT2 ELT1)

3.1.2. Saisie des données externes

Les données externes dont le programme a besoin sont mémorisées dans une base de données DBASE III . Le programme étant écrit en LISP, il faudra dès lors prévoir un fichier intermédiaire de stockage des données. Actuellement, les valeurs des paramètres sont introduites manuellement, et mémorisées dans une a-liste (VAL) . La reprise des erreurs à la saisie n'est pas prise en charge par le programme actuel étant donné le caractère provisoire de cette saisie.

a) Définition des fonctions

LECTURE-PAR (FICH REPL)

entrée : FICH = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1, 2, ... n

REPL = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 2, 3, ... n

sortie : valeur de LECTURE-PAR = a-liste (VAR_i VAL'_i)

i = 1, 2, ... n

où VAL'_i = valeur lue à l'écran, en association
avec VAR_i

REPLACE (LST)

entrée : LST = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1, 2, ... n

où VAL_i est soit un nombre

soit une des lettres O, N, M, F

sortie : valeur de REPLACE = a-liste (VAR_i VAL'_i)

i = 1, 2, ... n

où VAL'_i = VAL_i si VAL_i >< O, N, M, F
= 1 si VAL_i = O ou F

= 2 si VALi = N ou M

VAL-NULL (VL ABSENT)

entrée : VL = a-liste (VARi VALi) i = 1, 2, ... n

où VALi = nombre

ABSENT = liste vide

sortie : valeur de VAL-NULL = liste d'atomes (ATj)

j = 1, 2, ... m ; m ≤ n

- où :
- pour tout couple (VARi VALi) appartenant à VL et ayant VALi = 0, VARi appartient à (ATj) , j = 1, 2, ... m
 - pour tout couple (VARi VALi) appartenant à VL et ayant VALi > 0, VARi n'appartient pas à (ATj) , j = 1, ... m
 - pour tout (ATj) , j = 1, ... m , ATj appartient à VL

RETIRE-PAR (ANC NOUV)

entrée : ANC = a-liste (VARi VALi) i = 1, 2, ... n

NOUV = a-liste (VAR'j VAL'j) j = m, m-1, ... 1

ABSENT = liste d'atomes

sortie : valeur de RETIRE-PAR = a-liste (VAR''l VAL''l)

l = s, s-1, ... 1 m ≤ s ≤ m + n

- où :
- pour tout (VAR''l VAL''l) , l de m à 1 ,
(VAR''l VAL''l) = (VAR'1 VAL'1)
 - pour tout (VAR''l VAL''l) , l de 1 à m+1,

- VAR''1 n'appartient pas à ABSENT
- (VAR''i VAL''i) est un couple appartenant à ANC
- pour tout (VARi VALi) , i = 1, 2, ... n, si VARi n'appartient pas à ABSENT, VARi appartient à (VAR''1 VAL''1) , l = s,...m+1

RETIRE-DIF (DI AB)

entrée : DI = a-liste (VARi VALi) i = 1, 2, ... n

VALi = liste d'atomes (ATij)

j = 1, 2, ... mi

AB = liste d'atomes (AT'k) pouvant être vide ,

k = p, p-1, ... 1

sortie : valeur de RETIRE-DIF = liste d'atomes (AT''1)

l = q, q-1, ... 1 p ≤ q ≤ p + n

où : - pour l t.q. - 1 ≤ l ≤ p : AT''1 = AT'1

- p < l : AT''1 appartient à l'ensemble des variables de DI

- pour tout VARi appartenant à DI, si il existe au moins un ATij appartenant à (AT''1), l = p+1, ... q , VARi appartient à (AT''1)

RET-DIF (DIFE ABS)

entrée : DIFE = a-liste (VARi VALi) i = 1 où

VALi = liste d'atomes (ATj) j = 1, .. m

ABS = liste d'atomes (AT'k) k = p, p-1, ... 1

sortie : valeur de RET-DIF = liste d'atomes (AT"1)

1 = q, q-1, ... 1 ; p <= q <= p+1

où : si

- 1 <= 1 <= p : AT"1 = AT'1
- q = p+1 : AT"q = VARi et

il existe au moins un ATj

qui appartient à ABS ,

j = 1, 2, ... m

- q = p : pour tout ATj , j = 1,...m :

ATj n'appartient pas à

ABS

RETIRE-RAP (RA RP)

entrée : RA = a-liste (VARi VALi) i = 1, 2, ... n

VALi = liste d'atomes (ATij) j = 1,...mi

ABSENT = liste d'atomes

RP = a-liste (VAR'1 VAL'1) 1 = 1, 2, ... r

sortie : valeur de RETIRE-RAP = a-liste (VAR"k VAL"k)

k = 1, 2,... p ; p <= i

VAL"k = liste d'atomes (ATks) s = 1,...sk

(VAR"k VAL"k) sont tels que :

pour tout i , pour tout j ,pour tout k :

- ATij appartient à (VAR"k VAL"k) si :
 - ATij n'appartient pas à ABSENT
 - VARi = VAR"k
- VARi appartient à (VAR"k VAL"k) si :
 - il existe au moins un ATij qui
 - n'appartient pas à ABSENT

RET-RAP (R I)

entrée : R = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1
VAL_i = (AT_j) j = 1, 2, ... m
I = liste vide
ABSENT = liste d'atomes

sortie : valeur de RET-RAP = a-liste (VAR'_k VAL'_k)
k = 0 (si a-liste vide) ou 1
VAL'_k = liste d'atomes (AT'₁)
1 = 1, 2, ... n ; n ≤ m
(VAR'_k VAL'_k) est tel que :
pour tout j :
- AT_j appartient à (VAR'_k VAL'_k) si AT_j
n'appartient pas à ABSENT
- VAR'_k = VAR_i si il existe au moins un AT_j
qui n'appartient pas à ABSENT
- VAR'_k = NIL si tous les AT_j appartiennent à
ABSENT

b) Explication du déroulement des fonctions

1) La fonction LECTURE-PAR réalise la saisie des données externes : elle affiche à l'écran chacun des paramètres contenus dans VAL, en saisit la valeur après qu'elle ait été tapée par l'utilisateur, et l'associe ensuite dans VAL au paramètre correspondant, de telle sorte qu'à la sortie de la fonction, tout paramètre de VAL se trouve associé à une nouvelle valeur. Il est à noter que lorsque un examen n'a pas été réalisé, et que les

paramètres correspondant n'ont donc aucune valeur, celle-ci doit être mise à 0.

2) En fin de saisie des valeurs externes, LECTURE-PAR appelle la fonction REPLACE : cette fonction a pour but de transformer les valeurs littérales de VAL en valeurs chiffrées, ceci afin de permettre une comparaison avec des valeurs de référence.

(ex : les valeurs F et M de SEXE seront remplacées respectivement par 1 et 2).

3) La saisie des données externes comprend également la suppression des paramètres qui, dans VAL, sont associés à une valeur nulle. Cette suppression va se réaliser dans toutes les listes où ces paramètres interviennent. Les fonctions assurant cela sont VAL-NULL, RETIRE-PAR, RETIRE-DIF, RET-DIF, RETIRE-RAP et RET-RAP.

(a) La fonction VAL-NULL détecte tous les paramètres dont la valeur dans VAL est nulle, et le résultat de cette fonction sera une liste d'atomes contenant tous ces paramètres.

(b) Les fonctions RETIRE-DIF et RET-DIF ont la même finalité que VAL-NULL, à savoir mettre dans une liste les paramètres qui ne seront pas utilisés par le programme, la différence résidant dans le fait qu'il va s'agir ici des paramètres calculés. Ceux-ci seront éliminés en fonction des paramètres présents dans la liste obtenue par l'exécution de VAL-NULL. La liste DIF étant utilisée pour permettre de calculer la différence entre les valeurs de deux paramètres, il est

certain que l'absence d'un des deux paramètres doit entraîner automatiquement la suppression de cette différence. Le résultat de RETIRE-DIF ,qui englobe celui de RET-DIF, sera donc la liste résultant de VAL-NULL, enrichie des paramètres calculés dont au moins un des deux paramètres correspondant avait une valeur nulle.

(c) Les fonctions RETIRE-RAP et RET-RAP ont le même but que VAL-NULL et RETIRE-PAR. Tout élément présent dans la liste reprenant les paramètres et les paramètres calculés non utiles au programme sera retiré des listes associées aux variables de RAP. Une variable de RAP sera supprimée si tous les éléments de la liste qui lui est associée dans RAP sont supprimés. Le résultat de RETIRE-RAP, qui englobe celui de RET-RAP, sera la liste RAP de laquelle tous les paramètres et variables inutiles auront été enlevés. Cette liste sera assignée à RP, ceci pour plus de clarté et de lisibilité du programme.

(d) La fonction RETIRE-PAR consulte la liste obtenue comme résultat de VAL-NULL, et qui contient donc les paramètres correspondant à des examens non réalisés, et va enlever ces paramètres des listes qui lui seront passées en argument. La valeur retournée par RETIRE-PAR sera donc la liste passée en argument, de laquelle les paramètres à valeur nulle ont été supprimés. Les listes passées en argument seront successivement VAL, DIF et REFER; les listes résultant de l'exécution de la fonction seront assignées respectivement à

VALEURS, DIFFER et REFE, ceci afin d'alléger l'écriture du programme, ainsi que sa compréhension.

3.1.3 Etablissement des premiers faits

Cette partie-ci va servir à établir une première série de conclusions à partir des valeurs des paramètres saisies précédemment.

a) Définition des fonctions

AJOUT-VAL (DIFFE VL)

entrée : DIFFE = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1, 2, ... n

VAL_i = liste d'atomes (AT_{ij}) j = 1, 2

CONCLUSIONS = a-liste (VAR^{"p} VAL^{"p}) p = 1, ... q

VAL^{"p} = (FAIT_{p1} FAIT_{p2} FAIT_{p3})

VL = a-liste (VAR^{'k} VAL^{'k}) k = m, m-1, ... 1

où : pour tout VAR^{'k} appartenant à VL

(k = 1, ... m), VAR^{'k} appartient à l'ensemble des AT_{ij} (i = 1, ... n)

sortie : valeur de AJOUT-VAL = a-liste (VAR^{"l} VAL^{"l})

l = r, r-1, ... 1 ; r = m + n

VAR^{"l} est tel que :

- pour 1 ≤ l ≤ m : VAR^{"l} = VAR^{'l}

- pour l > m : VAR^{"l} = VAR^{m-n+1}

(VAR^{"'l} VAL^{"'l}) l = 1, ... r est tel que pour l de 1 à r :

- VAR^{"'l} appartient à l'ensemble des VAR^{"p} (p = 1...q)

- pour tout couple (VAR^{"'l} VAL^{"'l})

t.q. VAR^{"'l} = VAR^{"p} , VAL^{"'l} = FAIT_{ps},

s = 1 ou 2 ou 3

NOUVAL ()

entrée : VALEURS = a-liste (VAR_i VAL_i) i = n, n-1, ..., 1

où : VAL'_k = valeur numérique

ABSENT = liste d'atomes (AT_j) j = 1, 2, ..., p

sortie : valeur de NOUVAL = a-liste (VAR'_k VAL'_k)

k = m, m-1, ..., 1 m = n ou n+1

t.q. : - pour k de 1 à n :

(VAR'_k VAL'_k) = (VAR_k VAL_k)

- pour k = n+1 :

VAR'_k = DIF-VEMS-BR-L

VAL'_k = (VAL_a - VAL_b) * 1000

avec VAR_a = VEMS-BR-L

VAR_b = VEMS-L

VAR'_k >< AT_j (j = 1, 2, ..., p)

CALC-DIF (V1 V2 RES)

entrée : V1 = atome AT1 différent de NIL

V2 = atome AT2 différent de NIL

RES = atome AT3

VALEURS = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1...n t.q.-

AT1 et AT2 appartiennent à l'ensemble des VAR_i

- VAL_i >< 0

sortie : valeur de CALC-DIF = a-liste (RES VAL') où

- RES = AT3

- VAL' =
$$\frac{VAL_1 - VAL_2}{VAL_2} * 100$$
 ((AT1 VAL1) et
(AT2 VAL2) sont des
couples de VALEURS)

CALC-PC (ELT1 ELT2 FICH)

entrée : ELT1 = atome AT1 différent de NIL

ELT2 = atome AT2 différent de NIL

FICH = a-liste (VARi VALi) i = 1...n t.q.

- AT1 et AT2 à l'ensemble des VARi

- pour tout i, VALi > 0

sortie : valeur de CALC-PC = $\frac{VAL1-VAL2}{VAL2} * 100$

(AT1 VAL1) et (AT2 VAL2) étant des
couples de FICH

NOUVAL ()

entrée : ABSENT = liste d'atomes

VALEURS = a-liste (VARi VALi) i = m, m-1... 1

sortie : valeur de NOUVAL = a-liste (VAR'j VAL'j)

j = p...1 ; p = m+1 ou m t.q. :

- si p = m+1 , VEMS-BR-L n'est pas un atome
de ABSENT

- pour j de 1 à m :

(VAR'j VAL'j) = (VARj VALj)

- pour j = m+1 :

VAR'j = DIF-VEMS-BR-L

VAL'j = (VAL1-VAL2) * 1000 ,

(VEMS-BR-L VAL1) et (VEMS-L VAL2)

étant des couples de VALEURS

APPEL-REG (FICH PROT VALE)

entrée : VALE = a-liste (VAR'1 VAL'1) 1 = 1...m
 CONCLUSIONS = a-liste (VAR''p VAL''p) p = 1...q
 où VAL''p = (FAITp1 FAITp2 FAITp3)
 FICH = a-liste (VARi VALi) i = 1...n n ≤ m
 t.q. : - VARi appartient à l'ensemble des VAR'1, 1
 de 1 à m
 - VARi appartient à l'ensemble des
 variables de CONCLUSIONS
 - VALi = liste de 2 atomes (ATij)
 PROT = liste vide
 sortie : valeur de APPEL-REG = a-liste (VAR"j VAL"j)
 j = n+1, n, n-1...1
 t.q. :- pour tout VAR"j , j de 1 à n, VAR"j = VARj
 - (VAR"n+1 VAL"n+1) = (PROT 0)
 - pour tout (VAR"j VAL"j) , j de 1 à n,
 - VAR"j appartient à l'ensemble des
 variables de VALE
 - VAR"j appartient à l'ensemble des
 variables de CONCLUSIONS
 - pour tout couple (VAR"j VAL"j) t.q.
 VAR"j = VAR''p , VAL"j = FAITps, s = 1
 ou 2 ou 3

REG (PAR CONCL VALE)

entrée : VALE = a-liste (VAR1 VAL1) 1 = 1...m

CONCL = a-liste (VAR'c VAL'c)

VAL'c = liste (FAITci) i = 1, 2, 3

PAR = atome AT t.q. AT appartient à l'ensemble des variables de VALE, et à l'ensemble des variables de CONCL

sortie : valeur de REG = a-liste d'un élément

(VAR" VAL") t.q. :

VAR" = PAR

VAL" = FAITci , avec FAITci appartenant au couple de CONCL (VAR'c VAL'c) t.q. :

VAR'c = VAR"

i = 1 ou 2 ou 3

CONS-ASS (P ASSER)

entrée : CONCLUSIONS = a-liste définie dans les données internes

P = atome AT t.q. AT appartient à l'ensemble des variables de CONCLUSIONS

ASSER = liste (FAIT) t.q. : FAIT appartient à VAL'c du couple (VAR'c VAL'c) de CONCLUSIONS t.q. VAR'c = AT

RP = a-liste (VARi VALi) t.q. VALi = liste d'atomes i = 1...m

sortie : valeur de CONS-ASS = a-liste (VAR"j VAL"j) ,
 j = 1, t.q. : soit (VAR"j VAL"j) = NIL
 soit (VAR"j VAL"j) = (P ASSER)

effet de bord :

- soit NIL
- soit DIF-VEMS-BR dans RP est remplacé par
DIF-VEMS-BR-L
- soit DIF-VEMS-BR-L dans RP est remplacé par
DIF-VEMS-BR

BASE-DE-FAITS (CCL FAITS)

entrée : CCL = a-liste (VAR_i VAL_i) i = 1, 2... n
 où VAL_i = FAIT_i
 FAITS = liste (FAIT'_j) j = 1, 2... m
 sortie : valeur de BASE-DE-FAITS = liste (FAIT"_k) ,
 k = m+n, m+n-1, ... 1
 t.q. - pour 1 ≤ k ≤ m : FAIT"_{m-k+1} = FAIT'_k
 - pour m < k ≤ m+n : FAIT"_k = FAIT_{k-m}

b) Explication du déroulement des fonctions

1) La première étape de cette deuxième partie consiste à enrichir la a-liste VALEURS obtenue précédemment des variables restant dans la a-liste DIF, associés à leur valeur numérique qu'il va falloir calculer.

La fonction AJOUT-VAL remplit ce rôle : pour chaque variable de DIF, elle fait appel à la fonction CALC-DIF afin d'en connaître

sa valeur numérique, et ajoute le nouveau couple à VALEURS.

La valeur retournée par CALC-DIF, qui reçoit en argument les trois paramètres composant un couple de DIF, sera donc une a-liste d'un seul élément, dont la variable correspond à la variable du couple de DIF, et la valeur le résultat retourné par la fonction CALC-PC .

CALC-PC, appelée avec en arguments les deux paramètres composant la valeur d'un couple de DIF et la a-liste VALEURS contenant les valeurs saisies de ces paramètres, va pouvoir calculer la différence exprimée en pourcentage entre ces deux paramètres .

EX : soit un couple de DIF (PAR (PAR1 PAR2)) :

AJOUT-VAL appelle CALC-DIF avec pour arguments PAR1, PAR2, PAR .
CALC-DIF à son tour appelle CALC-PC en lui passant PAR1, PAR2 et VALEURS comme arguments. CALC-PC consulte VALEURS afin de connaître les valeurs numériques de PAR1 et PAR2 (VAL1 et VAL2)
et renvoie comme résultat à CALC-DIF
$$\frac{VAL1 - VAL2}{VAL2} * 100 = VAL$$

CALC-DIF va retourner le couple (PAR VAL), et AJOUT-VAL ajoutera ce couple à la a-liste VALEURS.

La fonction NOUVAL remplit le même rôle que AJOUT-VAL, mais traite un paramètre calculé particulier : DIF-VEMS-BR-L. Ce dernier aura pour valeur une simple différence exprimée en ml, entre les valeurs de VEMS-L et VEMS-BR-L, et non un pourcentage de la différence.

2) A partir de la liste VALEURS contenant tous les paramètres et paramètres calculés avec leurs valeurs numériques, le programme va procéder à des comparaisons entre la valeur d'un paramètre et ses valeurs de référence reprises dans la a-liste REFER.

67

DIF-VEMS-BR et DIF-VEMS-BR-L. Ces deux paramètres donnent en effet lieu aux mêmes conclusions, et expriment une même différence entre deux paramètres, mais l'un en pourcentage et l'autre en valeur réelle. De ce fait, seule l'une des deux conclusions doit être gardée : si la première différence (peu importe laquelle) est significative, inutile d'aller voir la seconde; dans le cas contraire, la deuxième différence servira à établir la conclusions.

3) La dernière fonction reprise dans cette deuxième partie est BASE-DE-FAITS. La finalité de cette fonction est de créer une liste de toutes les conclusions obtenues précédemment, ceci afin de préparer la réalisation de la troisième partie, à savoir la déduction de nouveaux faits. Cette liste sera assignée à ASSERTIONS, qui deviendra notre base de faits.

3.1.4. Dédution de nouveaux faits

A présent que la base de faits est construite, le programme va pouvoir déduire de nouveaux faits, en parcourant la base de règles, qui appartient aux données internes du programme.

a) Définition des fonctions

MATCH (ANT ASS)

entrée : ANT = liste d'atomes (AT1 ... ATn)

ASS = liste d'atomes (AT'1...AT'm)

sortie : - valeur de MATCH = TRUE si :

- n = m et

- pour i de 1 à n, ATi = AT'i

- valeur de MATCH = NIL si :

- pour i de 1 à n, il existe au moins un ATi
t.q. ATi >< AT'i ou

- pour i de 1 à m, il existe au moins un AT'i
t.q. AT'i >< ATi

TEST-ASSERT (ANT ASSERT)

entrée : ANT = liste d'atomes (AT1 ... ATn)

ASSERT = liste (ASSi) i = 1, 2, ... p

où ASSi = liste d'atomes (AT'iq) ,

q = 1...ri

sortie : - valeur de TEST-ASSERT = TRUE si il existe au moins un ASSi (i = 1...p) t.q. :

- ri = n et

- ATj = AT'j (j = 1...n)

- valeur de TEST-ASSERT = NIL sinon

TEST-ANT (ANTECEDENTS ASSERTIONS)

entrée : ANTECEDENTS = liste (ANT_k) k = 1, 2... n

où ANT_k = liste d'atomes (AT'_{k1}) 1 = 1...mk

ASSERTIONS = liste (ASS_i) i = 1, 2... p

où ASS_i = liste d'atomes (AT_{iq}) q = 1...ri

sortie : - valeur de TEST-ANT = TRUE si pour tout ANT_k , il existe au moins un ASS_i t.q. :

- mk = ri et

- AT_{k1} = AT'_{i1}

- valeur de TEST-ANT = NIL sinon

AJOUT-CONSEQUENTS (CONSEQ N)

entrée : CONSEQ = liste de faits (FAIT_i) i = 1, 2,... n

N = liste vide

ASSERTIONS = liste de faits (FAIT'_j) j = 1...m

sortie : valeur de AJOUT-CONSEQUENTS = liste de faits

(FAIT"_k) k = 1, 2...l , 1 ≤ n t.q. :

pour tout FAIT"_k (k = 1...l)

- il existe un i (i = 1...n) t.q.

FAIT"_k = FAIT_i

- il n'existe pas un j (j = 1...m) t.q.

FAIT"_k = FAIT'_j

- il n'existe pas un s (s = 1,...k-1, k+1...l)

t.q. FAIT"_k = FAIT"_s

TEST-CONSEQ (ANTECEDENTS CONSEQ)

entrée : ANTECEDENTS = liste de faits (FAIT" r) $r = 1 \dots t$
CONSEQ = liste de faits (FAIT i) $i = 1 \dots n$
ASSERTIONS = liste de faits (FAITS' j) $j = 1 \dots m$
sortie : valeur de TEST-CONSEQ = liste de faits (FAIT" k)
 $k = 1 \dots l$, $l \leq n$ t.q. :

- liste (FAIT" k) est vide si
 - il existe au moins un FAIT" r ($r = 1 \dots t$)
t.q. FAIT" r $>$ FAIT' j ($j = 1 \dots n$) ou
 - pour tout FAIT i ($i = 1 \dots n$), il existe au moins un FAIT' j ($j = 1 \dots m$) t.q.
FAIT i = FAIT' j
- pour tout FAIT" k ($k = 1 \dots l$),
 - il existe un i ($i = 1 \dots n$) t.q.
FAIT" k = FAIT i
 - il n'existe pas un j ($j = 1 \dots m$) t.q.
FAIT" k = FAIT' j
 - il n'existe pas un s ($s = 1, \dots, k-1, k+1 \dots l$)
t.q. FAIT" k = FAIT" s

TEST-REGLE (REGLE)

entrée : REGLE = liste de la structure suivante :
(REGLE p (SI ((ANT p r)))
(ALORS ((CONSEQ p i))))
 $p = 1$ ou $2 \dots$ ou u $r = 1 \dots t$ $i = 1 \dots m$
sortie : valeur de TEST-REGLE (REGLE) est la même que celle de TEST-CONSEQ (ANTECEDENTS CONSEQ), avec
ANTECEDENTS = ((ANT p r)) $r = 1 \dots t$ $i = 1 \dots m$
CONSEQ = ((CONSEQ p i)) $p = 1$ ou \dots ou u

ESSAI-REGLES (REG NOUVASSERT)

entrée : REG = liste de règles ((REGLE_p)) p = y, y-1...0

si y = 0 : liste vide

NOUVASSERT = liste de faits (FAIT"_k)

k = v, v-1...0 si v = 0 : liste vide

ASSERTIONS = liste de faits (FAIT'_j)

j = w, w-1...1.

sortie : valeur de ESSAI-REGLES = liste de faits (FAIT""_l)

l = x ...1 x ≥ v

t.q. pour tout FAIT""_l :

- pour l de 1 à v : FAIT""_l = FAIT"_l

- pour l de v+1 à x :

- il n'existe pas un j (j = 1...w)

t.q. FAIT""_l = FAIT'_j

- il n'existe pas un k (k = 1...v)

t.q. FAIT""_l = FAIT"_k

- FAIT""_l appartient à l'ensemble des
conséquents de la première règle de REG

Effet de bord :

pour tout FAIT""_l, l de v+1 à x : FAIT""_l est
ajouté à la liste ASSERTIONS

=> ASSERTIONS devient une liste (FAIT'_j),

j = w+x,...1

INFERENCE (NOUVASSERT NOUVASS)

entrée : NOUVASSERT = liste de faits (FAIT''1)

l = x, x-1...0 si x = 0 : liste vide

NOUVASS = liste de faits (FAIT_i) i = z ...1

sortie : valeur de INFERENCE = liste de faits (FAIT'_j)

j = z+x...1 t.q.

- pour j = 1...z : FAIT'_j = FAIT_j

- pour j = z+1...z+x : FAIT'_j = FAIT''_{j-z}

b) Explication du déroulement des fonctions

Le moteur d'inférence travaille par chaînage avant : il part des antécédents d'une règle, et si chaque antécédent peut s'identifier à un fait de la base de faits, il enrichit celle-ci des conséquents de la règle après avoir vérifié que ces conséquents n'appartenaient pas aux faits établis. Il examine ainsi toutes les règles dans un ordre lexicologique, et après avoir traité la dernière règle, il recommence avec la première règle, afin d'essayer de déduire de nouveaux faits à partir des précédents. Il s'arrêtera lorsque, ayant parcouru toute la base de règles, il n'a pu déduire aucun fait nouveau.

1) La fonction MATCH s'occupe simplement de voir si deux listes qui lui sont passées en arguments sont identiques (auquel cas elle prendra la valeur TRUE) ou pas (NIL). Il est à signaler que cette fonction aurait pu être remplacée par la fonction MEMBER offerte par MULISP, étant donné l'absence de variables à instancier dans les listes passées en arguments, mais j'ai choisi

d'implémenter cette fonction afin de faciliter une éventuelle extension de la présente application.

2) La fonction TEST-ASSERT reçoit en arguments un fait et une liste de faits : elle prendra la valeur TRUE si le premier fait s'identifie avec un autre de la liste, et NIL sinon. Concrètement, elle reçoit un antécédent d'une règle, et elle vérifie si celui-ci est un fait établi, c'est-à-dire s'il appartient à la base de faits ASSERTIONS.

3) La fonction TEST-ANT va elle vérifier l'appartenance de tous les antécédents d'une règle à la base de faits. Elle prendra la valeur TRUE si TOUS les antécédents sont des faits établis, et la valeur NIL si UN SEUL antécédent ne s'identifie pas avec un élément de ASSERTIONS.

4) La fonction TEST-CONSEQ attend le feu vert de TEST-ANT préalablement à toute action : si tous les antécédents reçus en argument dans ANTECEDENTS appartiennent à la base de faits, elle va envoyer tous les conséquents reçus en argument dans CONSEQ à la fonction AJOUT-CONSEQUENTS, afin que celle-ci lui renvoie la liste des conséquents qu'il faudra ajouter à la base de faits, à savoir les conséquents qui n'appartenaient pas encore à ASSERTIONS. La valeur prise par TEST-CONSEQ sera cette liste de nouveaux faits.

5) La fonction AJOUT-CONSEQUENTS vient d'être évoquée : à partir une liste de conséquents en arguments, elle va les prendre un à un, et tester leur appartenance à la base de faits : elle va construire au fur et à mesure une liste dans laquelle elle va mettre les conséquents qui deviennent de nouveaux faits.

6) La fonction TEST-REGLE reçoit une règle en arguments, va appeler TEST-CONSEQ en lui envoyant les antécédents et les conséquents comme arguments, et prendra la même valeur que cette dernière. Les effets de bord de cette fonction ont été créés pour un éventuel désir ultérieur de l'utilisateur d'obtenir une trace du raisonnement suivi par le moteur d'inférence. Pour l'instant, je n'ai pas jugé utile de mémoriser le parcours suivi, étant donné que les résultats qui seront imprimés comprendront à la fois les premiers faits établis et les faits déduits, et qu'il sera dès lors aisé de comprendre les déductions qui ont été faites.

7) La fonction ESSAI-REGLES reçoit en arguments une liste de règles et la liste des nouveaux faits établis depuis le traitement de la première règle prise dans l'ordre lexicologique. Avec chacune des règles, elle va appeler la fonction TEST-REGLE, de laquelle elle va recevoir une liste contenant les faits qui devront enrichir la base de faits, cette liste étant éventuellement vide. Si cette liste n'est pas vide, elle va donc ajouter celle-ci à la liste des nouveaux faits établis ainsi qu'à ASSERTIONS, ce qui constitue l'effet de bord de la fonction. Elle va ensuite s'appeler elle-même avec la liste de règles

amputée de la première règle et la liste des nouveaux faits établis qui a été éventuellement enrichie. ESSAI-REGLES s'arrêtera lorsqu'elle n'aura plus de règle à traiter.

8) La dernière fonction de cette troisième partie est INFERENCE. Cette fonction reçoit en arguments la liste des nouveaux faits établis par le dernier appel ESSAI-REGLES appelée avec la base de règles, et la liste des nouveaux faits établis par tous les appels successifs de ESSAI-REGLES. En clair cela signifie que INFERENCE se charge de réenclencher le moteur d'inférence chaque fois que l'appel de ESSAI-REGLES aura produit de nouveaux faits : au départ, le premier appel de INFERENCE va se faire avec en premier argument la liste des nouveaux faits produite par un tout premier appel de ESSAI-REGLES, c'est-à-dire les faits déduits après un premier parcours de toute la base de règles, en ayant comme base de faits la liste ASSERTIONS produite en fin de deuxième partie, et en deuxième argument une liste vide. Ce premier parcours de la base de règles va donc donner une liste, éventuellement vide si aucune déduction n'a pu être faite. Cette liste va être assignée à NOUVASS , et si la liste résultat de ESSAI-REGLES n'est pas vide, INFERENCE va se réappeler avec en premier argument un nouvel appel de ESSAI-REGLES et en deuxième argument NOUVASS. Chaque fois que l'appel de ESSAI-REGLES produit une liste non-vide, la liste NOUVASS s'enrichira de cette liste, et INFERENCE se réappellera donc jusqu'au moment où il ne sert plus à rien de reparcourir la base de règles car celle-ci n'a plus rien à nous apprendre.

3.1.5. Impression du protocole

Toutes les déductions possibles étant faites, le programme va pouvoir imprimer le protocole. Celui-ci sera affiché uniquement à l'écran, ou sera simultanément imprimé, suivant le désir de l'utilisateur. Mais avant d'imprimer le protocole, il restera une dernière tâche, qui sera d'accorder un degré de gravité à deux faits, si ceux-ci font partie de la base de faits (DEFICIT VENTILATOIRE et DISTENSION PULMONAIRE). Cette tâche sera en fait accomplie en cours d'impression du protocole.

a) Définition des fonctions

CHERCHE-DEGRE-AS (AS PAR)

entrée : AS = fait

PAR = atome (soit VEMS, soit VR/CPT)

ASSERTIONS = liste de faits

DEGRE-GRAVITE = liste appartenant aux données internes du programme

sortie : valeur de CHERCHE-DEGRE-AS =

- valeur associée à PAR dans la a-liste
résultat de la fonction AJOUT-VAL si AS
n'appartient pas à ASSERTIONS

OU

- liste (AS AT) où :

- AS = argument AS, avec AS appartient à
ASSERTIONS

- AT = atome appartenant à la valeur
associée à PAR dans DEGRE-GRAVITE,

c-à-d : si (VAR VAL) = couple de
 DEGRE-GRAVITE, avec VAR = PAR et
 VAL = ((VALi ATi)) i = 1...n ,
 alors AT = ATi (i = 1 ou 2 ou...n)

CHERCHE-DEGRE (AS PR DEG)

entrée : AS = fait
 PR = atome : soit VEMS, soit VR/CPT
 DEG = a-liste ((VALi ATi)) i = 1, 2...n
 sortie : valeur de CHERCHE-DEGRE = liste (AS' AT')
 où : - AS' = AS
 - AT' = ATi (i = 1 ou 2 ou ...n)

ATT-DEGRE-VEMS (A D)

entrée : A = fait
 D = a-liste ((VALi ATi)) i = 1, 2...n
 sortie : valeur de ATT-DEGRE-VEMS = liste (AS' AT')
 où : - AS' = AS
 - AT' = ATi (i = 1 ou 2 ou ...n)

ATT-DEGRE-VR/CPT (A D)

entrée : A = fait
 D = a-liste ((VALj ATj)) j = 1, 2... m
 sortie : valeur de ATT-DEGRE-VR/CPT = liste (AS' AT')
 où : - AS' = AS
 - AT' = ATj (j = 1 ou 2 ou ... m)

IMPR-DESCRIPTION (DESCR)

entrée : DESCR = a-liste (VARi VALi) i = 1, 2...n

avec VALi = liste d'atomes (ATij)

j = 1, 2... mi

VAL = a-liste appartenant aux données internes du programme

sortie : la fonction IMPR-DESCRIPTION va afficher à l'écran, et éventuellement envoyer à l'imprimante les résultats obtenus par l'appel des différentes fonctions de la deuxième partie.

Elle imprime

- les valeurs associées dans VAL à NOM et PRENOM
- ensuite VAL'11 et VAL'12, t.q. VAL'11 et VAL'12 sont associés à respectivement AT11 et AT12 dans la a-liste produite par AJOUT-VAL
- ensuite une a-liste (VARi (VAL'ij))
i = 2,...n ; j = 1...mi t.q. :
 - VAL'ij = fait associé à ATij dans la a-liste résultat de AJOUT-VAL, si
ATij >< VEMS et de VR/CPT
 - VAL'ij = résultat de la fonction
CHERCHE-DEGRE-AS si ATij = VEMS ou
VR/CPT

IMP-VAL (DES)

entrée : DES = liste d'atomes (AT_j) j = m, m-1...1
AJOUT-VAL = a-liste (VAR'k VAL'k)
k = 1...p ; p ≥ m t.q. :
pour tout AT_j, il existe un k (k = 1...p)
t.q. AT_j = VAR'k
sortie : impression de VAL"l l = 1...m t.q. :
pour tout VAL"l , il existe un k (k = 1...p)
t.q. VAL"l = VAL'k avec AT_l = VAR'k

IMP-CONCL (FICH)

entrée : FICH = liste de faits (FAIT_i) i = 0, 1...m
si i = 0 : liste vide
sortie : valeur de IMP-CONCL = liste de faits (FAIT'_j)
j = 0, 1...n n ≤ m t.q. :
pour tout FAIT'_j :
- il existe un i (i = 0, 1...m) t.q.
FAIT'_j = FAIT_i
- FAIT'_j >< de (PAS DE DEFICIT
VENTILATOIRE RESTRICTIF) et de (PAS DE
DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE)

ELIM-CCL (F)

entrée : F = liste de faits (FAIT_i) i = 0, 1...m
si i = 0 : liste vide
sortie : valeur de ELIM-CCL est identique à celle de IMP-
CONCL

IMP-CCL (F1)

entrée : F1 = liste de faits (FAIT' j) $j = 0, 1 \dots n$

si $j = 0$, liste vide

sortie : Impression sur écran et éventuellement sur imprimante de :

- d'abord le mot CONCLUSION

- ensuite de FAIT' j ($j = 1, 2 \dots n$)

Si $j = 0$, rien n'est imprimé.

b) Exemples de protocoles imprimés

1) NOM : DUPONT PRENOM : ALBERTE TAILLE : 158 cm
 SEXE : F FUMEUR : 0 POIDS : 56 kg
 CPT : 120% VR/CPT : 107% VC : 3.54 l
 VEMS : 116% VEMS/CVF : 98% FVC : 3.70
 DLCO/VA : 70% CONDUCT : 120%

RESULTATS DUPONT ALBERTE

(FUMEUR)
(SEXE FEMININ)

PLETHYSMOGRAPHIE (VOL PULM TOT NORMAL)
 (VOL RESIDUEL RELATIF NORMAL)
 (CONDUCTANCE NORMALE)

PIROMETRIE (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)
 (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)

DIFFUSION (TRANSFERT DU CO NORMAL)

COLLABORATION (BONNE COLLABORATION)

CONCLUSION (EXAMEN NORMAL)

2)	NOM : RENARD	PRENOM : JULES	TAILLE : 178 cm
	SEXE : M	FUMEUR : 0	POIDS : 70 kg
	CPT : 141%	VR/CPT : 161%	VC : 4.14 l
	VEMS : 54%	VEMS/CVF : 49%	FVC : 4.25 l
	DLCO/VA : 62%	CONDUCT : 78%	
	VEMS : 2.21 l	VEMS-BR : 2.31	

RESULTATS RENARD JULES

(FUMEUR)
(SEXE MASCULIN)

PLETHYSMOGRAPHIE (VOL PULM TOT AUGMENTE)
(DISTENSION PULMONAIRE) . MODEREE)
(DIMINUTION DE CONDUCTANCE)

PIROMETRIE ((DEFICIT VENTILATOIRE) . NET)
(RAPPORT VEMS/CVF DIMINUE)

BRONCHODILATATION (VEMS INCHANGE SOUS BRONCHODILATATEUR)
NIL

DIFFUSION (TROUBLE DU TRANSFERT)

COLLABORATION (BONNE COLLABORATION)

CONCLUSION (TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF)
(SUSPICION EMPHYSEME)
(TROUBLES A METTRE PARTIELLEMENT EN RAPPORT AVEC LE TABAGISME)

c) Explication du déroulement des fonctions

1) Impression des premiers faits

(a) Au début de chaque protocole, la fonction IMPR-DESCRIPTION va afficher le mot ' RESULTATS ' , et ensuite les nom et prénom de la personne, tels qu'ils sont mémorisés dans la a-liste VAL.

(b) Ensuite IMPR-DESCRIPTION va prendre le premier couple de RP (VAR (ATi)) , les ATi étant obligatoirement des paramètres correspondant à des caractéristiques propres au patient, t.q. son sexe et ses habitudes tabagiques. Les valeurs de ces paramètres sont contenues dans la a-liste résultant de l'exécution de la fonction AJOUT-VAL, et elles seront affichées à l'écran.

(c) IMPR-DESCRIPTION va ensuite prendre en charge l'affichage des faits obtenus après comparaison des résultats des paramètres avec leurs valeurs de référence. Elle va procéder de la manière suivante : grâce à la a-liste RP (VARi (ATij)) , elle possède la liste des épreuves pratiquées (VARi) , et pour chacune de ces épreuves, les paramètres qui ont été évalués (ATij). Elle va donc imprimer le nom générique de l'épreuve fonctionnelle respiratoire VARi et pour chaque VARi les conclusions dégagés par les valeurs des paramètres ATij, ceci en faisant appel aux fonctions IMP-VAL et AJOUT-VAL.

EX : - si (VARi (ATij)) = (SPIROMETRIE (VEMS/CVF VEMS))
- si la a-liste résultat de AJOUT-VAL comprend les couples suivants

(VEMS/CVF (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL))
 (VEMS (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE))
 alors IMPR-DESCRIPTION va imprimer à l'écran (et
 éventuellement sur imprimante) ceci :
 SPIROMETRIE (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)
 (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)

(d) Un traitement spécial sera appliqué aux paramètres VEMS et VR/CPT. En effet, lorsque la fonction AJOUT-VAL contiendra les couples (VEMS (DEFICIT VENTILATOIRE)) et/ou (VR/CPT (DISTENSION PULMONAIRE)), il y aura lieu d'attribuer un degré de gravité à ces faits. Dès lors, pour ces paramètres, la fonction CHERCHE-DEGRE-AS sera d'office appelée, et si le fait correspondant dans AJOUT-VAL nécessite l'attribution d'un qualificatif, la conclusion affichée à l'écran sera la valeur reprise dans AJOUT-VAL, accompagnée d'un adjectif qualifiant sa gravité. Cet adjectif sera choisi en fonction du résultat de la comparaison de la valeur du paramètre mémorisée dans VALEURS avec les valeurs de référence de ce paramètres contenues dans DEGRE-GRAVITE. SI le fait correspondant dans AJOUT-VAL ne demande aucune attribution de gravité, ce fait sera affiché tel quel à l'écran.

EX : si dans VALEURS on a (VEMS 40)

si dans DEGRE-GRAVITE on a (VEMS ((35 MARQUE)

(60 NET)

(75 MODERE)

(85 DISCRET)))

si dans AJOUT-VAL on a (VEMS (DEFICIT VENTILATOIRE))

si dans RP on a (SPIROMETRIE ((VEMS))) ,

voici ce qui sera imprimé :

SPIROMETRIE (DEFICIT VENTILATOIRE . NET)

si dans AJOUT-VAL on a (VEMS (PAS DE DEFICIT
VENTILATOIRE)) voici ce qui sera imprimé :

SPIROMETRIE (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)

2) Impression des faits déduits

Ces faits déduits ont donc été obtenus lors des parcours successifs de la base de règles par le moteur d'inférence. Ils sont contenus dans la liste retournée par l'exécution de INFERENCE, et seront affichés grâce à la fonction IMP-CCL.

a) Avant d'exécuter l'impression des faits déduits, il est nécessaire de sélectionner les conclusions intéressantes. Le rôle de la fonction IMP-CONCL sera de fournir à IMP-CCL la liste de ces conclusions. Tout d'abord, si la liste résultat de INFERENCE contient le fait ' EXAMEN NORMAL ', celui-ci est suffisant comme conclusion. La liste fournie dans ce cas-là à IMP-CCL sera ce seul fait.

b) Lorsque l'examen est pathologique, IMP-CONCL va demander à ELIM-CCL d'enlever de la liste des faits déduits ceux qu'il n'est pas nécessaire d'afficher. Ces faits correspondent à des conclusions qui étaient utiles à la déduction de nouveaux faits (par ex (TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF) sera déduit lorsque on aura pu affirmer (PAS DE TROUBLE VENTILATOIRE RESTRICTIF) et (PAS DE TROUBLE VENTILATOIRE MIXTE)) . Il est bien évident

qu'il n'y a aucun intérêt à afficher ces déductions qui ne sont utiles que pour permettre d'en trouver d'autres. Elles seront donc éliminées par la fonction ELIM-CCL.

c) La liste définitive contenant tous les faits à afficher est transmise en argument à la fonction IMP-CCL, qui va d'abord écrire le mot CONCLUSION et ensuite chaque élément de la liste.

3.2 PRESENTATION DE LA FONCTION " COORDINATRICE "

La fonction PROTOCOLE se charge d'appeler toutes les fonctions présentées en ordre utile, de nettoyer l'écran, de demander à l'utilisateur s'il désire imprimer les résultats ou si un autre protocole est prévu, d'autoriser l'envoi de caractères à l'imprimante, et de faire les assignations qui permettent d'alléger l'écriture et la compréhension du programme.

3.3 DISCUSSION SUR LES CARACTERISTIQUES DU PROGRAMME

Le programme tente de respecter plusieurs objectifs :

3.3.1. Etre modifiable facilement

La demande des médecins était de pouvoir sans trop de difficultés modifier certaines valeurs de référence, ainsi que les adjectifs caractérisant la gravité de certains troubles. Il est certain que la manière de protocoller d'un médecin, et les termes employés dans la littérature médicale évoluent, que d'autres normes de référence peuvent être utilisées... Le programme doit être capable de suivre cette évolution.

Pour respecter ce désir :

- les valeurs de référence n'interviennent que dans une seule liste (REFER), et tout changement ne devra dès lors s'effectuer qu'au niveau de cette seule liste.
- les valeurs et adjectifs permettant d'accorder un degré de gravité sont également mémorisés à un seul endroit : la liste DEGRE-GRAVITE.

Je pense qu'il faudra ultérieurement créer une fonction d'interface avec l'utilisateur effectuant les changements souhaités .

Un changement dans les termes employés pour les conclusions sera un peu moins immédiat, car ceux-ci apparaissent à plusieurs reprises dans les règles, mais le formalisme de Lisp autorise la création d'une fonction de modification qui remplacerait une phrase par une autre.

3.3.2. Etre adaptable

Le choix de l'intelligence artificielle pour cette application s'est fait en grande partie parce que elle permet de simuler le mode de raisonnement par déduction. Je pense que les conclusions dégagées par le programme paraîtront peut-être dans quelques temps non suffisamment " nuancées ", et les utilisateurs souhaiteront peut-être introduire de nouvelles règles permettant d'affiner le diagnostic. L'avantage du chaînage avant, et la conception du programme autorisent l'introduction de nouvelles règles en n'ayant pas à se soucier de l'ordre dans lequel on va les mettre. Toutefois, il y a bien évidemment un certain formalisme à respecter si l'on veut pouvoir identifier deux faits l'un avec l'autre.

A propos de l'ordre des règles, il est tout à fait exact qu'il n'a aucune importance. Cependant, si l'on veut introduire un critère d'efficacité, il est évident que l'on a intérêt à mettre les règles dans un ordre tel qu'il assure qu'un nombre minimal de parcours de la base de règles sera nécessaire.

3.3.3 Etre extensible

Les médecins peuvent éventuellement souhaiter dans un temps futur introduire de nouveaux paramètres. Pour ce faire, il suffira, pour un paramètre donné, de l'ajouter aux différentes a-listes qui composent les données internes du programme, en fournissant la valeur correspondant au paramètre dans chacune de ces a-liste (en particulier : ses valeurs de référence et les conclusions en

rapport avec ces valeurs); il faudra éventuellement introduire de nouvelles règles, si l'introduction de ce nouveau paramètre l'exige. Tout ceci pourra se faire dans la plupart des cas sans aucune modification des fonctions.

Dans d'autres cas, on sera amené à modifier légèrement certaines fonctions, ou à en introduire de nouvelles, ceci lorsque on introduit un paramètre nécessitant un traitement plus particulier (comme c'est le cas par exemple du paramètre DIF-VEMS-BR-L) .

3.4. COMMENTAIRES SUR LE PROGRAMME

Le programme a donc essayé de résoudre le problème de l'élaboration informatisée d'un protocole en Fonction Respiratoire. J'aborderai ici quelques aspects du programme portant sur l'implémentation des règles, la saisie des données, le temps de réponse et les opportunités offertes par le programme.

3.4.1 Implémentation des règles

Comme je l'ai signalé précédemment (2ème Partie, Chap II, par 2.4), il existe trois sortes de règles. Parmi ces trois sortes, deux seront implémentées de la même façon : ce sont celles dont les règles comprennent dans leur antécédent une comparaison avec des valeurs de référence (règles 1 à 11, 13, 14, 16, 19, 20, 32 à 38 et 40 à 43). Ces règles ont comme propriété commune de n'avoir qu'un seul antécédent et un seul conséquent, et la seule manière d'obtenir une base de faits contenant certains des antécédents de ces règles est de procéder dans un premier temps à la comparaison des valeurs des paramètres avec leurs normes, étant donné que les seules données externes dont dispose le programme sont ces valeurs. Il m'a paru plus naturel d'aller chercher directement le conséquent de la règle en ayant le résultat de la comparaison, plutôt que de mettre une affirmation dans la base de fait (ex " CPT EST INFÉRIEUR A LA NORMALE "), et puis seulement essayer les règles pour obtenir le conséquent de la règle dont l'antécédent correspond à l'affirmation obtenue par comparaison des valeurs.

Cette manière de procéder présente deux avantages :

- on évite l'essai de trois règles pour chaque paramètre (avec comme antécédent respectif "INFÉRIEUR A LA NORMALE", "ÉGAL A LA NORMALE" et "SUPÉRIEUR A LA NORMALE")
- lorsque un paramètre est absent parce que l'examen correspondant n'a pas été réalisé, ce paramètre est retiré de la liste des paramètres à interpréter : on évite ainsi l'essai de règles portant sur des paramètres absents.

Les autres règles sont celles qui, à partir des conclusions obtenues grâce à la comparaison des valeurs avec leurs normes, permettront de dégager de nouveaux faits (règles 12, 15, 21 à 24, 29 à 31 et 39). Ces règles ont été transposées telles quelles dans la base de règles du programme, à l'exception toutefois de certaines qui ont été scindées en deux car elles contenaient des antécédents reliés par l'opérateur " ou " (règles 23 et 29) : le moteur d'inférence exige en effet l'identification de **tous** les antécédents avec un fait établi.

Il faut par ailleurs signaler que certaines règles de la base de règles du programme ne se retrouvent pas dans celles présentées page 42 : ce sont les règles REGLE5 et REGLE6 qui ont comme utilité de pouvoir diagnostiquer un trouble ventilatoire obstructif grâce à l'affirmation des faits (PAS DE TROUBLE VENTILATOIRE RESTRICTIF et PAS DE TROUBLE VENTILATOIRE MIXTE). En effet, ces dernières conclusions ne peuvent être tirées que lorsque le volume pulmonaire total n'est pas inférieur à la normale, condition indispensable pour pouvoir affirmer l'existence d'un trouble ventilatoire obstructif. Ceci est en fait une autre manière d'exprimer l'opérateur "ou" ("pour avoir

un trouble ventilatoire obstructif, il faut un volume pulmonaire normal ou supérieur à la normale")

3.4.2. Règles non utilisées

- Les règles 25 et 26 n'ont pas été implémentées, parce que la règle 25 telle qu'elle est formulée demanderait en fait d'effectuer deux protocoles chez un même patient, pour deux examens effectués la même année, et de procéder à la comparaison des faits obtenus : il s'agit en effet de voir si un patient qui actuellement a un trouble ventilatoire obstructif l'avait déjà à l'examen précédent. La règle 26 découle, elle, de la règle 25.

Pour résoudre ce problème, il faudrait soit rediscuter la formulation de la règle, soit envisager d'introduire ,au début du déroulement du programme, dans la liste qui deviendra la base de faits une affirmation du type " TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF EXAMEN PRECEDENT " et d'ajouter des règles ayant cette affirmation dans ses antécédents. Lorsque le programme ira chercher ses données dans un fichier DBASE 3, cette solution nécessiterait de faire fonctionner une première fois le programme, mais sans afficher les résultats, d'obtenir ainsi une série de conclusions auxquelles on rajouterait le qualificatif de "PRECEDENT", et une deuxième fois en partant avec comme base de faits la liste des conclusions précédentes . Je pense que qu'il faut avant toute décision discuter avec l'utilisateur de l'utilité de la règle et de la possibilité éventuelle d'une autre formulation.

- Les règles 27 et 28 n'ont pas été implémentées tout simplement parce que je n'ai pas réussi à trouver une formule satisfaisante

du calcul du poids idéal en fonction de la taille et du sexe. Ce sont de toute façon deux règles très simples à implémenter si l'on exprime le poids en pourcentage de normalité; il resterait juste à introduire une fonction qui à partir du poids exprimé en kilos calculerait le pourcentage de normalité du poids.

3.4.3. Temps de réponse

Le temps de réponse du programme est de 4 à 5 secondes, ce qui me paraît très satisfaisant.

3.4.4. Saisie des données

a) La reprise des erreurs à la saisie n'est pas assurée étant donné le caractère provisoire de celle-ci. En cas d'erreur, il faudra donc continuer à introduire les valeurs suivantes demandées, mais on peut les mettre toutes à 0 afin d'accélérer la saisie et le protocole en résultant, et ensuite recommencer le protocole.

b) Les valeurs introduites seront

- exprimées en % pour les paramètres suivants : CPT, VEMS, VR/CPT, DLCO/VA, CONDUCTANCE et VEMS/CVF
- O ou N pour FUME
- M ou F pour SEXE
- exprimées en litres pour les paramètres suivants : VC, FVC, VEMS-L, VEMS-PREC-L, CPT-L, CPT-PREC-L, VR-L, VR-PREC-L et VEMS-BR-L

- en centimètres pour TAILLE
- en kilos pour POIDS
- en grammes pour HB

3.4.5. Opportunités offertes par le programme

Actuellement, le programme demande à l'utilisateur, lors de chaque protocole, s'il désire imprimer les résultats, et s'il veut effectuer un autre protocole. Lorsque le programme sera implanté dans l'environnement de DBASE 3, il effectuera plusieurs protocoles d'affilée, et ce sera à l'utilisateur de décider s'il désire garder l'opportunité de ne pas imprimer les résultats.

CONCLUSION

L'analyse fonctionnelle présentée en première partie est restée dans les grandes lignes, mais elle m'a permis d'être confrontée à pas mal de problèmes concrets, en particulier le fait de devoir analyser le fonctionnement d'un service, de percevoir la demande exacte des médecins, et d'essayer de prendre en compte tous les éléments importants, sans en oublier un seul. C'est une partie qui, bien que brève, s'est révélée pour moi très enrichissante.

La deuxième partie s'est révélée tout aussi instructive, tant du point de vue médical que du point de vue informatique. En tant que médecin, j'ai été heureuse d'approfondir un domaine mal connu, et en tant qu'informaticienne, le problème à résoudre m'a appris à concrétiser des connaissances encore fort théoriques.

Le programme réalisé a été codé en Lisp, en utilisant le logiciel MULISP-86 Microsoft (R) Lisp version 5.10. Tel qu'il est conçu actuellement, il est totalement indépendant de toute structure particulière de mémorisation de données puisque les valeurs des paramètres sont tapées au clavier par l'utilisateur. Or ce programme est destiné à faire partie de l'environnement d'une base de données en DBASE 3, et va dès lors aller consulter cette base de données afin de lire les valeurs dont il a besoin. Il restera donc à prévoir une sortie sur fichier texte des données utiles au protocole, et à ajouter des fonctions qui iront lire ces données. L'interface avec l'utilisateur devra aussi être modifiée, de telle sorte que le programme puisse connaître les noms (ou numéros) des patients à protocoler, et puisse savoir

s'il doit sortir les protocoles sur imprimante ou pas.

Par ailleurs, d'autres extensions peuvent être envisagées, comme par exemple l'intégration dans le protocole des données de l'équilibre acido-basique des patients.

Il faudrait également envisager de créer des fonctions qui auraient comme effet de modifier certaines données internes du programme (comme par exemple les valeurs de référence), ou expliquer à l'utilisateur comment modifier lui-même directement les données.

Il reste maintenant à utiliser le programme et, avec un peu de recul, exprimer les modifications qu'on souhaite lui apporter.

ANNEXE : TEXTE DU PROGRAMME

```

(LOOP (PRIN1 (QUOTE *)) (EVAL (READ)) ((NULL RDS)))

(SETQ REFER '((REF 00)
  (CPT (80 120))
  (VR/CPT (116 135))
  (VEMS (80 80))
  (DLCO/VA (70 70))
  (CONDUCTANCE (100 100))
  (VEMS/CVF (70 70))
  (SEXE (2 2 ))
  (HB (10 10))
  (FUME (2 2))
  (DIF-CPT (-5 5))
  (DIF-VR (-5 5))
  (DIF-VEMS (-5 5))
  (DIF-VEMS-BR (20 20))
  (DIF-VEMS-BR-L (300 300))
  (DIF-VC-FVC (-5 5))))

(SETQ VAL '((REF 00)
  (NOM 0)
  (PRENOM 0)
  (CPT 0)
  (VEMS 0)
  (VR/CPT 0)
  (DLCO/VA 0)
  (CONDUCTANCE 0)
  (VEMS/CVF 0)
  (VC 0)
  (FVC 0)
  (POIDS 0)
  (TAILLE 0)
  (SEXE 0)
  (FUME 0)
  (VEMS-L 0)
  (VEMS-PREC-L 0)
  (CPT-L 0)
  (CPT-PREC-L 0)
  (VR-L 0)
  (VR-PREC-L 0)
  (VEMS-BR-L 0)
  (HB 0)))

(SETQ DEGRE-GRAVITE '((DEGRE 0)
  (VEMS ((35 MARQUE)
    (60 NET)
    (75 MODERE)
    (85 DISCRET)))
  (VR/CPT ((200 MARQUEE)
    (175 NETTE)
    (150 MODEREE)
    (135 DISCRETE)))))

```

```

(SETQ RAP '( ( R O )
  ( PATIENT (SEXE FUME))
  (PLETHYSMOGRAPHIE (CONDUCTANCE VR/CPT CPT ))
  (SPIROMETRIE (VEMS/CVF VEMS))
  (BRONCHODILATATION (DIF-VEMS-BR DIF-VEMS-BR-L))
  (DIFFUSION (DLCO/VA))
  (COLLABORATION (DIF-VC-FVC))
  (EVOLUTION (DIF-CPT DIF-VR DIF-VEMS))))

(DEFUN INVERSION (LISTE)
  (SETQ INVERSE '())
  (LOOP ((NULL LISTE) INVERSE)
    (SETQ INVERSE (CONS (CAR LISTE ) INVERSE))
    (SETQ LISTE (CDR LISTE))))

(DEFUN REPLACE (LST)
  (NSUBST 1 'O LST)
  (NSUBST 2 'N LST)
  (NSUBST 1 'F LST)
  (NSUBST 2 'M LST))

(DEFUN LECTURE-PAR (FICH REPL)
  ((NULL FICH) (REPLACE REPL))
  (PROGN (PRIN1 'VALEUR) (SPACES 2) (PRIN1 (CAAR FICH))
    (SPACES 2))
  (NSUBST (READ) (CDAR FICH) FICH)
  (LECTURE-PAR (CDR FICH) REPL))

(DEFUN VALPAR (FICH PAR)
  (CAR (GET FICH PAR)))

(DEFUN VAL-NULL (VL ABSENT)
  (LOOP ((NULL VL) ABSENT)
    (COND ((EQUAL (VALPAR VAL (CAAR VL)) 'O )
      (SETQ ABSENT (CONS (CAAR VL) ABSENT))))
    (SETQ VL (CDR VL))))

(DEFUN RETIRE-PAR (ANC NOUV)
  (LOOP ((NULL ANC) NOUV)
    (COND ((NOT (NULL (MEMBER (CAAR ANC) ABSENT 'EQUAL)))
      (SETQ ANC (CDR ANC)))
      ( T ((SETQ NOUV (CONS (CAR ANC) NOUV))
        (SETQ ANC (CDR ANC)))))))

(DEFUN RETIRE-DIF (DI AB)
  (LOOP ((NULL DI) AB )
    (SETQ AB (RET-DIF (CAR DI) AB))
    (SETQ DI (CDR DI))))

```



```

(DEFUN RET-DIF (DIFE ABS)
  (SETQ D (CADR DIFE))
  (LOOP ((NULL D) ABS)
    (COND ((NOT (NULL (MEMBER (CAR D) ABS)))
      ((SETQ ABS (CONS (CAAR DIFE) ABS))
        (SETQ D '()))
      ( T (SETQ D (CDR D))))))

(DEFUN RETIRE-RAP (RA RP)
  (LOOP ((NULL RA) RP)
    (COND ((NULL (RET-RAP (CAR RA) '()) ( ))
      ( T (SETQ RP (CONS (LIST (CAAAR RA)
        (RET-RAP (CAR RA) '()) RP )))
      (SETQ RA (CDR RA))))

(DEFUN RET-RAP (R I)
  (SETQ D (CADR R))
  (LOOP ((NULL D) I)
    (COND ((NOT (NULL (MEMBER (CAR D) ABSENT)))
      (SETQ D (CDR D)))
    ( T ((SETQ I (CONS (CAR D) I ))
      (SETQ D (CDR D))))))

(DEFUN CALC-PC (ELT1 ELT2 FICH)
  (/(*(-(VALPAR FICH ELT1) (VALPAR FICH ELT2))100)(VALPAR FICH ELT2)))

(DEFUN CALC-DIF (V1 V2 RES)
  (CONS RES (CALC-PC V1 V2 VALEURS)))

(SETQ DIF '(( X O)
  (DIF-CPT (CPT-L CPT-PREC-L))
  (DIF-VR (VR-L VR-PREC-L))
  (DIF-VEMS (VEMS-L VEMS-PREC-L))
  (DIF-VEMS-BR (VEMS-BR-L VEMS-L))
  (DIF-VC-FVC (VC FVC)))

(DEFUN NOUVAL ()
  ((NULL (MEMBER 'VEMS-BR-L ABSENT))
    (CONS (CONS 'DIF-VEMS-BR-L (*(- (VALPAR VALEURS VEMS-BR-L)
      (VALPAR VALEURS VEMS-L)) 1000 )) (CDR VALEURS)))
  VALEURS )

(DEFUN AJOUT-VAL (DIFFE VL)
  (LOOP ((NULL DIFFE) (APPEL-REG (CDR REFE) '() (CONS '(V O) VL) ))
    (SETQ VL (CONS (CALC-DIF (CAADAR DIFFE) (CAR (CDADAR DIFFE))
      (CAAR DIFFE )) VL ))
    (SETQ DIFFE (CDR DIFFE))))

```

```

(SETQ CONCLUSIONS '( (REF ( ))
  (CPT ((VOL PULM TOT NORMAL)
        (VOL PULM TOT AUGMENTE)
        (VOL PULM TOT DIMINUE)))
  (VR/CPT ((VOL RESIDUEL RELATIF AUGMENTE DISCRETEMENT)
           (DISTENSION PULMONAIRE)
           (VOL RESIDUEL RELATIF NORMAL)))
  (VEMS ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)
        (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)
        (DEFICIT VENTILATOIRE)))
  (DLCO/VA ((TRANSFERT DU CO NORMAL)
            (TRANSFERT DU CO NORMAL)
            (TROUBLE DU TRANSFERT)))
  (CONDUCTANCE ((CONDUCTANCE NORMALE)
               (CONDUCTANCE NORMALE)
               (DIMINUTION DE CONDUCTANCE)))
  (VEMS/CVF ((RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)
            (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)
            (RAPPORT VEMS/CVF DIMINUE)))
  (SEXE (( SEXE MASCULIN)
        (SEXE MASCULIN)
        (SEXE FEMININ)))
  (FUME ((NON FUMEUR)
        (NON FUMEUR)
        (FUMEUR)))
  (DIF-CPT ((VOL PULM TOT INCHANGE P/R AU DERNIER EXAMEN)
           (VOL PULM TOT AUGMENTE P/R AU DERNIER EXAMEN)
           (VOL PULM TOT DIMINUE P/R AU DERNIER EXAMEN))
  (DIF-VR ((VOL RESIDUEL INCHANGE P/R AU DERNIER EXAMEN)
          (VOL RESIDUEL AUGMENTE P/R AU DERNIER EXAMEN)
          (VOL RESIDUEL DIMINUE P/R AU DERNIER EXAMEN))
  (DIF-VEMS((VEMS INCHANGE P/R AU DERNIER EXAMEN)
            (VEMS AUGMENTE P/R AU DERNIER EXAMEN)
            (VEMS DIMINUE P/R AU DERNIER EXAMEN)))
  (DIF-VEMS-BR ((VEMS AMELIORE SOUS BRONCHODILATATEUR)
                (VEMS AMELIORE SOUS BRONCHODILATATEUR)
                (VEMS INCHANGE SOUS BRONCHODILATATEUR)))
  ( HB (( TAUX HB NORMAL )
        ( TAUX HB NORMAL )
        ( TAUX HB INFERIEUR A 10 )))
  (DIF-VEMS-BR-L((VEMS AMELIORE SOUS BRONCHODILATATEUR)
                 (VEMS AMELIORE SOUS BRONCHODILATATEUR)
                 (VEMS INCHANGE SOUS BRONCHODILATATEUR))
  (DIF-VC-FVC ((BONNE COLLABORATION)
               (BONNE COLLABORATION)
               (COLLABORATION DOUTEUSE)))
  (REF1 ()))

```



```

(DEFUN CONS-ASS (P ASSER)
  (COND ((AND (EQUAL '(VEMS INCHANGE SOUS BRONCHODILATATEUR) ASSER)
              (EQUAL 'DIF-VEMS-BR P))
        ( NSUBSTITUTE 'DIF-VEMS-BR-L (CAR (VALPAR RP 'BRONCHODILATATION))

        ((AND (EQUAL '(VEMS AMELIORE SOUS BRONCHODILATATEUR) ASSER)
              (EQUAL 'DIF-VEMS-BR P))
        ((NSUBSTITUTE 'DIF-VEMS-BR (CAR (VALPAR RP 'BRONCHODILATATION)))
        (LIST P ASSER )))
    ( T (LIST P ASSER ))))

(DEFUN REG (PAR CONCL VALE)
  (COND ((AND (>= (VALPAR VALE PAR) (CAR (VALPAR REFER PAR)))
            (<= (VALPAR VALE PAR) (CADR (VALPAR REFER PAR))))
        (CONS-ASS PAR (CAR (VALPAR CONCL PAR))))
    ((> (VALPAR VALE PAR) (CADR (VALPAR REFER PAR)))
    (CONS-ASS PAR (CADR (VALPAR CONCL PAR))))
    (T (CONS-ASS PAR (CADDR (VALPAR CONCL PAR))))))

(DEFUN APPEL-REG (FICH PROT VALE)
  (LOOP ((NULL FICH) (CONS '(PR 0) PROT))
    (SETQ PROT (CONS (REG (CAAR FICH) CONCLUSIONS VALE) PROT))
    (SETQ FICH (CDR FICH))))

(DEFUN IMP-VAL (DES)
  (LOOP ((NULL DES ) NIL)
    ( COND ((EQUAL 'VEMS (CAR DES))
            (PRIN1 (CHERCHE-DEGRE-AS '(DEFICIT VENTILATOIRE) VEMS)))
          ((EQUAL 'VR/CPT (CAR DES))
            (PRIN1 (CHERCHE-DEGRE-AS '(DISTENSION PULMONAIRE) VR/CPT)))
          ( T (PRIN1 (VALPAR (AJOUT-VAL (CDR DIFFER) (NOUVAL)) (CAR DES ))
            ( PROGN (TERPRI 1)
                    (SPACES 18))
            (SETQ DES (CDR DES)))
            (TERPRI 1))

(DEFUN IMPR-DESCRIPTION (DESCR)
  (PROGN (TERPRI 1)
    (PRIN1 'RESULTATS DE)
    (SPACES 2)
    (PRIN1 (CDADR VAL ))
    (SPACES 2)
    (PRIN1 (CDAR (CDDR VAL )))
    (TERPRI 2)
    (SPACES 18))
  (IMP-VAL (CADAR DESCR))
  (SETQ DESCR (CDR DESCR))
  (LOOP ((NULL DESCR) T)
    (PROGN (PRIN1 (CAAR DESCR ))
            (SPACES (- 18 (LENGTH (CAAR DESCR)))))
    (IMP-VAL (CADAR DESCR))
    (SETQ DESCR (CDR DESCR))))

```

```

(DEFUN BASE-DE-FAITS (CCL FAITS)
  (LOOP ((NULL CCL) FAITS)
    (SETQ FAITS (CONS (CADAR CCL) FAITS))
    (SETQ CCL (CDR CCL))))

(SETQ REGLES '(
  (REGLE1 (SI ((VOL PULM TOT NORMAL)
    (VOL RESIDUEL RELATIF NORMAL)))
    (ALORS ((LES VOLUMES PULM SONT NORMAUX))))

  (REGLE2 (SI ((LES VOLUMES PULM SONT NORMAUX)
    (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE)
    (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)
    (CONDUCTANCE NORMALE)))
    (ALORS ((EXAMEN NORMAL))))

  (REGLE3 (SI ((VOL PULM TOT DIMINUE)
    (RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)))
    (ALORS ((DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF))))

  (REGLE4 (SI ((VOL PULM TOT DIMINUE)
    (RAPPORT VEMS/CVF DIMINUE)))
    (ALORS ((DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE)
      (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF))))

  (REGLE5 (SI ((VOL PULM TOT NORMAL)))
    (ALORS ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF)
      (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE))))

  (REGLE6 (SI ((VOL PULM TOT AUGMENTE)))
    (ALORS ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF)
      (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE))))

  (REGLE7 (SI ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF)
    (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE)
    (RAPPORT VEMS/CVF DIMINUE)))
    (ALORS ((TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF))))

  (REGLE8 (SI ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF)
    (PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE)
    (DIMINUTION DE CONDUCTANCE )))
    (ALORS ((TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF))))

  (REGLE9 (SI ((TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF)
    (TROUBLE DU TRANSFERT)))
    (ALORS ((SUSPICION EMPHYSEME))))

  (REGLE10 (SI ((FUMEUR)
    (TROUBLE VENTILATOIRE OBSTRUCTIF)))
    (ALORS ((TROUBLES A METTRE PARTIELLEMENT EN RAPPORT
      AVEC LE TABAGISME))))

```



```

(REGLE11 (SI ((FUMEUR)
              (TROUBLE DU TRANSFERT)))
  (ALORS ((TROUBLES A METTRE PARTIELLEMENT EN RAPPOR
            AVEC LE TABAGISME))))

(REGLE12 (SI ((RAPPORT VEMS/CVF NORMAL)))
  (ALORS ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE))))

(REGLE13 (SI ((RAPPORT VEMS/CVF AUGMENTE)))
  (ALORS ((PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE))))

(REGLE14 (SI ((VOL PULM TOT INCHANGE P/R AU DERNIER EXAMEN)
              (VOL RESIDUEL INCHANGE P/R AU DERNIER EXAMEN))
  (ALORS ((VOL PULMONAIRES INCHANGES P/R AU DERNIER
            EXAMEN))))

(REGLE15 (SI ((COLLABORATION DOUTEUSE)))
  (ALORS ((DOUTE SUR LES VALEURS DE CPT ET VR))))

(REGLE16 (SI ((DISTENSION PULMONAIRE)
              (VOL PULM TOT DIMINUE)))
  (ALORS ((DISTENSION PULMONAIRE RELATIVE))))

(REGLE17 (SI ((TAUX HB INFERIEUR A 10 )
              (TROUBLE DU TRANSFERT)))
  (ALORS ((TROUBLE TRANSFERT A CORRIGER
            EN FONCTION DU TAUX HB))))

(DEFUN MATCH (ANT ASS)
  (COND ((AND (NULL ANT) (NULL ASS)) T )
        (( OR (NULL ANT) (NULL ASS)) NIL )
        (( EQUAL (CAR ASS ) (CAR ANT)) (MATCH (CDR ANT) (CDR ASS)))))

(DEFUN TEST-ASSERT (ANT ASSERT)
  (COND ((NULL ASSERT) NIL)
        ( (MATCH ANT (CAR ASSERT)) T)
        (T (TEST-ASSERT ANT (CDR ASSERT)))))

(DEFUN TEST-ANT (ANTECEDENTS ASSERTIONS)
  (COND ((NULL ANTECEDENTS) T)
        ((TEST-ASSERT (CAR ANTECEDENTS) ASSERTIONS)
         (TEST-ANT (CDR ANTECEDENTS) ASSERTIONS ))))

(DEFUN AJOUT-CONSEQUENTS (CONSEQ N )
  (COND ((NULL CONSEQ) N )
        (( NULL (MEMBER (CAR CONSEQ) ASSERTIONS 'EQUAL))
         (SETQ N (CONS (CAR CONSEQ) N))
         (AJOUT-CONSEQUENTS (CDR CONSEQ) N))
        ( T (AJOUT-CONSEQUENTS (CDR CONSEQ) N))))

```

```

(DEFUN TEST-CONSEQ (ANTECEDENTS CONSEQ)
  (COND ((TEST-ANT ANTECEDENTS ASSERTIONS)
    (AJOUT-CONSEQUENTS CONSEQ '()))))

(DEFUN TEST-REGLE (REGLE)
  (SETQ NOM-REGLE (CAAR REGLE))
  (SETQ ATC (CADADR REGLE))
  (SETQ CSQ (CAR(CDADDR REGLE)))
  (TEST-CONSEQ ATC CSQ))

(DEFUN ESSAI-REGLES (REG NOUVASSERT)
  (COND ((NULL REG) NOUVASSERT)
    ((NOT (NULL (TEST-REGLE (CAR REG))))
      (SETQ NOUVASSERT (APPEND (TEST-REGLE (CAR REG)) NOUVASSERT))
      (SETQ ASSERTIONS (APPEND (TEST-REGLE (CAR REG)) ASSERTIONS))
      (ESSAI-REGLES (CDR REG) NOUVASSERT))
    (T (ESSAI-REGLES (CDR REG) NOUVASSERT))))

(DEFUN ATT-DEGRE-VEMS (A D )
  (COND ((<= (VALPAR VALEURS VEMS) (CAAR D))
    (CONS A (CADAR D)))
    (T (ATT-DEGRE-VEMS A (CDR D) ))))

(DEFUN ATT-DEGRE-VR/CPT (A D )
  (COND ((>= (VALPAR VALEURS VR/CPT) (CAAR D))
    (CONS A (CADAR D)))
    (T (ATT-DEGRE-VR/CPT A (CDR D) ))))

(DEFUN CHERCHE-DEGRE (AS PR DEG )
  (COND ((EQUAL 'VEMS PR) ( ATT-DEGRE-VEMS AS DEG ))
    (T (ATT-DEGRE-VR/CPT AS DEG ))))

(DEFUN CHERCHE-DEGRE-AS (AS PAR)
  (COND ((NOT (NULL (MEMBER AS ASSERTIONS 'EQUAL)))
    (CHERCHE-DEGRE AS PAR (VALPAR DEGRE-GRAVITE PAR )))
    (T (VALPAR (AJOUT-VAL (CDR DIFFER) (NOUVAL)) PAR))))

(DEFUN IMP-CCL (F1)
  (( NULL F1 ) (SETQ *PRINTER-ECHO* NIL))
  (PROGN (TERPRI 1)
    (PRIN1 'CONCLUSION)
    (SPACES 7))
  (LOOP ((NULL F1) (SETQ *PRINTER-ECHO* NIL))
    (PROGN (PRIN1 (CAR F1))
      (TERPRI 1)
      (SPACES 18))
    (SETQ F1 (CDR F1))))

```



```

(DEFUN IMP-CONCL (FICH)
  ((NOT (NULL (MEMBER '(EXAMEN NORMAL) FICH 'EQUAL)))
    '(EXAMEN NORMAL))
  (ELIM-CCL FICH))

(DEFUN ELIM-CCL (F)
  (SETQ F2 '())
  (LOOP ((NULL F) F2)
    (COND ((EQUAL '(PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE RESTRICTIF) (CAR F))
      (SETQ F (CDR F)))
      ((EQUAL '(PAS DE DEFICIT VENTILATOIRE MIXTE) (CAR F))
      (SETQ F (CDR F)))
      (T ((SETQ F2 (CONS (CAR F) F2))
        (SETQ F (CDR F)))))))

(DEFUN INFERENCE (NOUVASSERT NOUVASS)
  ((NULL NOUVASSERT) NOUVASS)
  (SETQ NOUVASS (CONS NOUVASSERT NOUVASS))
  (INFERENCE (ESSAI-REGLES REGLES '()) NOUVASS))

(DEFUN PROTOCOLE ()
  (LECTURE-PAR (CDR VAL) VAL)
  (SETQ ABSENT (RETIRE-DIF (CDR DIF) (VAL-NULL (CDR VAL) '())))
  (COND ((NOT (NULL (MEMBER 'VEMS-BR-L ABSENT)))
    (SETQ ABSENT (CONS 'DIF-VEMS-BR-L ABSENT))))
  (SETQ VALEURS (CONS '(V O) (RETIRE-PAR (CDR VAL) '())))
  (SETQ DIFFER (CONS '(X O) (RETIRE-PAR (CDR DIF) '())))
  (SETQ REFE (CONS '(REF O) (RETIRE-PAR (CDR REFER) '())))
  (SETQ RP (CONS '(RA O) (INVERSION (RETIRE-RAP (CDR RAP) '()))))
  (SETQ ASSERTIONS (BASE-DE-FAITS (AJOUT-VAL (CDR DIFFER) (NOUVAL)) '()))
  (WRITE-STRING (PACK* "VOULEZ-VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ?  O - N  " ))
  (COND ((EQUAL (READ) 'O) (SETQ *PRINTER-ECHO* T))
    (CLEAR-SCREEN)
    (SETQ *HIGH-INTENSITY* T)
    (IMPR-DESCRIPTION (CDR RP))
    (IMP-CCL (IMP-CONCL (CAR (INFERENCE (ESSAI-REGLES REGLES '()) '()))))
    (WRITE-STRING (PACK* "AUTRE PROTOCOLE ?  O - N  " ))
    (CLEAR-SCREEN)
    (COND ((EQUAL (READ) 'O) (PROTOCOLE))))

```

BIBLIOGRAPHIE

- [BODART 83] F.BODART et Y.PIGNEUR : Conception assistée des applications informatiques. Etude d'opportunité et analyse conceptuelle. (Masson 1983)
- [CECA 81] European Community for Coal and Steel : Standardized Lung Function Testing (Edited by Ph.H. Quanjer, Luxembourg, Augustus 1981)
- [COMROE 78] J.COMROE : Physiologie de la respiration (Masson 1978)
- [HARRI 75] T.R.HARRISON : Principes de Médecine Interne , tome II (Flammarion Médecine-Science 1975)
- [LISP] Microsoft LISP Artificial Intelligence Programming Environment for the MS-DOS Operating System (Microsoft Corporation)
- [LE CHAR 85] Le Charlier : Notions de Lisp (Février 1985)
- [LULL 83] J.LULLING : Physiologie de la respiration (Cliniques Universitaires de Mont-Godinne 1983)
- [TISI 80] G.M.TISI : Pulmonary Physiology in Clinical Medicine (Williams and Wilkins, Baltimore/London 1980)
- [VAN LAM 86] A.VAN LAMSWEERDE : Cours d'Intelligence Artificielle (Faculté d'informatique FNDP Namur 1986-1987)
- [WINST 84] P.H.WINSTON B.K.P.HORN : Lisp (Addison-Wesley Publishing Company 1984)